

Zonación de la vegetación hidrófila de balsas periódicas en las zonas semiáridas de Baleares

Joan Rita y Gabriel Bibiloni

Departament de Biologia Ambiental. Universitat de les Illes Balears. 07071 Palma de Mallorca.

Key words: Balearic Islands, correspondence analysis, Hydrophilous vegetation, *Isoetion*, zonation.

Abstract. *Hydrophilous vegetation zonation in periodic ponds of semiarid zones of Balearic Islands.* In the South of Mallorca and Formentera semiarid areas, on limestones platforms, there are small periodic freshwater ponds. In these ecosystems lives an interesting steppic fauna and an hydrophilous vegetation which belongs to *Lemnetalia*, *Potametalia* and *Isoetalia* Orders. We have developed an spatial zonation model of these vegetation communities using a Correspondence Analysis.

Resumen. En el Sur de Mallorca y en Formentera (Islas Baleares, España) bajo un clima semiárido y sobre plataformas calcáreas, existen pequeñas balsas periódicas de agua dulce pobladas por una fauna de tipo estepario y por una vegetación hidrófila que ha sido adscrita a los órdenes *Lemnetalia*, *Potametalia* y *Isoetalia*. En este trabajo presentamos un modelo de la zonación espacial de estas comunidades vegetales desarrollado con la ayuda de un análisis factorial de correspondencias.

Introducción

Los ecosistemas límnicos de zonas semiáridas sobre sustratos calizos son muy interesantes desde un punto de vista biogeográfico y ecológico (Alonso 1985, Jaume 1989). Son ecosistemas colonizados por organismos adaptados a una fuerte estacionalidad, e incluso a una cierta imprevisibilidad del momento y del período de tiempo en que la balsa permanece inundada y, también a unas fuertes oscilaciones de las características físico-químicas del medio (Alonso 1985).

La presencia en Baleares de una fauna y flora propias de este tipo de hábitats se conoce desde el siglo pasado (Salvador 1871). Desde entonces se ha dado noticia de la presencia de interesantes especies de crustáceos propios de aguas dulces de zonas esteparias, en algunos casos con un área de distribución norteafricana pero que incluye a Baleares (Jaume 1989, Margalef 1953, Mayol 1977). Estos organismos colonizan pequeñas cubetas que se inundan durante varios meses al año con el agua de lluvia y de escorrentía, desecándose al principio del verano. Estas balsas temporales han merecido

un estudio detallado de sus características hidrológicas y de su dinámica estacional y diaria (Jaume et al. 1987).

La flora de estos ambientes ha sido comparativamente menos estudiada, sin embargo su interés es muy elevado. Llorens (1979) dio cuenta de la inesperada presencia de comunidades adscribibles a la alianza *Isoetion* en estas mismas balsas del Sur de Mallorca, situadas todas ellas sobre terrenos calizos, citando un cortejo de especies notables para Baleares como *Marsilea strigosa*, *Crassula vaillantii*, *Elatine macropoda*, *Damasonium alisma*, *Myosurus minimus*, etc. Las comunidades descritas por este autor manifestaban un parecido muy notable con las fitocenosis de las balsas periódicas de zonas peridesérticas de Marruecos (Boutin 1982).

En Mallorca y Formentera estas balsas tuvieron en el pasado una importancia considerable porque representaban un depósito de agua para los habitantes de estas zonas, tan parcas en recursos hídricos. Muchas balsas han sido trabajadas para aumentar su capacidad, y cubiertas para evitar la evaporación del agua. Actualmente, aún se las utiliza para abreviar el ganado y esporádicamente son dragadas para evitar su colmatación; en algunos casos incluso se las llena artificialmente.

Los valores biológicos y etnológicos de estos ambientes hacen necesario un conocimiento más detallado de estos pequeños ecosistemas que permita desarrollar medidas de protección eficaces de los mismos. Como una parte de un estudio más amplio de la flora y vegetación de las zonas semiáridas de Baleares (Rita 1988), nos propusimos profundizar en las características fitosociológicas y ecológicas de estas comunidades vegetales, especialmente los aspectos relacionados con su distribución espacial en el interior de la balsa. En el caso de las balsas del Sur de Mallorca existían indicios de una zonación de la vegetación, aunque no era algo evidente (Llorens 1979) puesto que las cubetas presentan márgenes más o menos abruptos y no suele darse una gradación de las condiciones de humedad del sustrato. No era posible, por lo tanto, construir la zonación mediante transecciones en una balsa y fue necesario utilizar un método de ordenación indirecto.

Puesto que disponíamos de una numerosa colección de inventarios fitosociológicos de balsas de tamaños y profundidades muy diferentes, hemos construido un modelo de zonación ordenando los inventarios mediante un análisis factorial de correspondencias, y elaborando más tarde una cenoclima. Este método de modelización aplicado a gradientes ya había dado buenos resultados en trabajos anteriores (Rita & Sebastià 1984).

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio comprendió un territorio del sur de Mallorca conocido popularmente como Marina de Lluçmajor. Se trata de una plataforma mio-

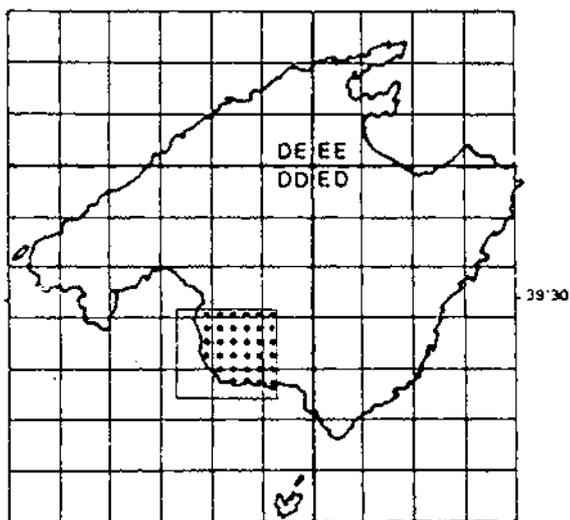


Figura 1. Localización de la zona estudiada.

cénica de origen arrecifal parcialmente cubierta por un manto de dunas pleistocénicas consolidadas y superficialmente calchificadas que se levantan a unos 100 m s.n.m. (Fornós et al. 1983). Esta zona presenta un clima semiárido según la escala de Emberger, con unas precipitaciones medias inferiores a 400 mm (Guijarro 1986) (Fig. 1).

Debido a procesos de disolución diferencial de la superficie de estas plataformas calizas, se han formado cubetas de un tamaño que puede oscilar entre unos pocos centímetros hasta más de veinte metros; su profundidad no suele sobrepasar los 50 cm, aunque se conocen algunas bastante más profundas. Los procesos de disolución y recristalización de los carbonatos han producido en el fondo de estas cubetas un material de una textura muy fina, cementada y con una porosidad mínima, por lo que son totalmente impermeables (Pomar, 1975). Esta impermeabilización de la roca permite la acumulación del agua de lluvia y de escorrentía, de forma que las cubetas permanecen inundadas varios meses al año.

Los períodos de inundación varían mucho, en función del tamaño de la cubeta y de la distribución y cantidad de las precipitaciones a lo largo del año. Normalmente se inundan con las primeras lluvias intensas del otoño, a finales de septiembre o principios de octubre. El momento de la desecación se da generalmente entre final de abril y mayo. Las aguas de estas balsas pueden considerarse como dulces o débilmente mineralizadas (Jaume et al. 1987). En la Tabla 1 presentamos los principales valores estadísticos de algunos parámetros físico-químicos de 22 de estas balsas.

Tabla 1. Valores estadísticos de las características físico-químicas de veintidós balsas del sur de Mallorca.

	Media	Mínimo	Máximo	Desv. T.
pH	8.6	7.1	9.6	0.8
Cond. $\mu\text{S. cm}^{-1}$	704	364	1826	378
HCO_3^- meq. l^{-1}	1.92	1.02	4.76	0.95
CO_3^{2-}	0.12	0.00	0.34	0.11
»				
Cl^-	2.09	0.68	6.80	1.47
»				
Ca^{2+}	1.78	1.20	2.83	0.48
»				
Mg^{2+}	0.38	0.16	0.82	0.17
»				
Na^+	1.54	0.61	6.09	1.37
»				
K^+	0.17	0.05	0.28	0.08
»				

Muestreo y análisis numérico de los datos

La matriz de datos de base consistió en 47 inventarios fitosociológicos realizados en balsas de la Marina de Lluçmajor, en los que se encontraron un total de 37 especies (Tabla 2).

Con dichos inventarios se procuró cubrir todos los tipos diferentes de balsas en cuanto a tamaño, profundidad, distancia al mar y situación topográfica, así como los tipos de vegetación que pudimos reconocer. Los inventarios se realizaron tomando superficies homogéneas en las balsas de gran tamaño (mayores de 4 m², o abarcando toda su superficie en las de pequeño tamaño). La tabla resultante fue analizada bajo la óptica fitosociológica clásica con objeto de disponer de un primer esquema de clasificación de estas comunidades.

Más tarde, la tabla de inventarios original fue transformada dando a cada valor de recubrimiento de la escala de Braun-Blanquet los índices propuestos por Westhoff et al. (1973), en Feoli-Chiapela et al. (1977). Esta matriz fue tratada mediante un análisis factorial de correspondencias (AFC) con objeto de poner de manifiesto la estructura de estos datos. El AFC es un análisis muy sensible a la presencia de especies muy abundantes en unos pocos inventarios, lo que provoca deformaciones no deseadas en la proyección de especies e inventarios sobre los planos de coordenadas. Por esta razón suele ser útil suprimir tanto las especies que aparecen en un número muy reducido de inventarios como los inventarios que sean sensiblemente alterados por esta simplificación. En nuestro caso, después de un ensayo poco satisfactorio con la matriz completa, se realizó el AFC, eliminando las especies que aparecían en menos del 10% de los inventarios, así como tres inventarios en los que *Lemna gibba* era dominante (ésta fue una de las especies eliminadas). La pérdida de información resultante de esta simplificación fue compensada con una mejora notable del rendimiento del AFC. Como es natural, en la elaboración de los resultados se tuvo en cuenta la existencia de un

Tabla 2. Tabla de inventarios de las balsas estudiadas. No se han incluido las especies que se encontraban en un solo inventario. El orden de las especies e inventarios responde al gradiente de inundación del sustrato definido por el eje II del AFC. Los valores se han obtenido aplicando el índice de abundancia-dominancia de la escala fitosociológica.

Número de Orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7												
Número de Inventario	2	1	2	2	6	3	3	1	1	3	1	1	1	3	4	4	4	2	1	1	3	3	4	3	3	4	4	7	2	2	2	2	2	3	1	4	8	4	5	3	4	3	4	1	2	1	2			
	6	9	0	7	3	4	4	8	7	1	2	3	6	6	5	7	1	5	0	9	1	0	5	2	4	2	3	4	8	9	8	6	0	1	0	2	3	7	5											
<i>Zannichelia peltata</i>	.	1	5	+	5	3	.	+	5	4				
<i>Chara globularis</i>	.	1	4	+	+	1	3				
<i>Chara vulgaris</i>	2	3	4	.	4	.	5	4	4	5	5	4	4	5	4	3	2	+			
<i>Chara sp.</i>	4	+				
<i>Damasonium alisma</i>	+	3	.	+	.	.	2	4	5	.	4	+	.	.	+	+	+	2				
<i>Ranunculus peltatus</i>	3	.	4	3	4	3	+	3	+	2	5	1	3	.	2	3	.	1	.	1	5	3	3	3	+	2	1	+	.	+				
<i>Callitriche brutia</i>	2	+	3	3	4	2	.	4	4	.	3	2	4	4	3	3	1	2	3	4	3	3	.	4	5	+	+	+	4	2	+					
<i>Elatine macropoda</i>	1	1	3	.	4	+	.	1	3	3	+	4	1	.	3	1	1	3	.	2	+	2	+	3	1	.	1	.	.	.	5	1	3				
<i>Marsilea strigosa</i>	1	2	2	.	2	1	+	2			
<i>Crassula vaillantii</i>	2	+	.	+	.	.	2	2	+	2	2	.	2	2	3	3	4	+	+	3	2	4	3	2	1	3	3	1	+	3	3	2	+	4	3	2	1	.	.					
<i>Lythrum hyssopifolia</i>	.	+	+	+	+	+	+	1	+	2	.	+	.	.	+	1	1	3	2	+	1	.	+	1	2	2	.	1	2	3	2	1	.			
<i>Myosurus minimus</i>	2	2			
<i>Poa infirma</i>	1	2	.	+	+	2	.	+	2	2	.	.			
<i>Juncus bufonius</i>	1	+	.	1	+	.	.	+	.	1	.	.	.	+	+	.	.	.	1	.	3	.	2	2	.	3	.	.	.	+	3	+	2	.	.					
<i>Sagina maritima</i>	2	1	3	.	.		
<i>Sagina apetala</i>	+	1	.	.		
<i>Mentha pulegium</i>	1	2	.	+	.	.	+				
<i>Polypogon subspatheus</i>	2	+	.	+	1	+	2	.	1	+	+	+	1	2	.	+	3	5	+	1	1	.	.				
<i>Coronopus squamatus</i>	+		
<i>Plantago coronopus</i>	+	+	+	3	1	+	+	.	2	2	2	3	.	.		
<i>Plantago lagopus</i>	1	+	.	.	.	2	.	+			
<i>Bellis annua</i>	1	1	.	.	.	+	+	.	.			
<i>Crassula tillaea</i>		
<i>Rumex sp.</i>		
<i>Anagallis arvensis</i>	
<i>Romulea columnae</i>
<i>Trifolium tomentosum</i>
<i>Lemna gibba</i>	5	5	3		
<i>Typha angustifolia</i>
<i>Clorofíceas filamentosas</i>	.	.	4	.	3	4	1	3	

tipo de inventarios claramente diferenciados por la presencia de *Lemna gibba*. La matriz de datos definitiva constaba, pues, de 44 inventarios y de 19 especies.

Una vez realizado el AFC se dibujó la cenoclina, para lo cual se ordenaron las especies según su posición relativa en el eje I (este eje se interpretó como un gradiente de inundación). Para cada especie se construyó una gráfica donde en abcisas se dispusieron los inventarios ordenados según su posición relativa en el eje I del AFC; para cada inventario se dibujó un trazo vertical proporcional al valor del recubrimiento de la especie en ese inventario. Por último se dibujó una curva que unía los valores de recubrimiento medio de la especie en cada grupo de cinco inventarios una vez ordenados.

Resultados

Aspectos fitosociológicos

La vegetación higrófila de las balsas a que se refiere este estudio está constituida, desde una óptica fitosociológica, por tres tipos de comunidades. La menos frecuente de las tres, consta de poblaciones monoespecíficas de *Lemna gibba*, que podemos adscribir a la asociación *Lemnetum gibbae* (W. Koch 1954) Miyawaki & R. Tx. 1960 (*Lemnion gibbae* R. Tx. & Schwabe in R. Tx. 1974) (Inventarios 1-3). Otras comunidades que hemos observado están constituidas por especies helofíticas: *Damasonium alisma*, *Ranunculus peltatus*, *Marsilea strigosa*, *Callitriche brutia*, *Zannichellia peltata*, *Chara vulgaris* y *Chara globularis* (Inv. 4-15). Su clasificación dentro de la sistemática fitosociológica es bastante difícil porque cada una de estas especies ha sido consideradas características de sintaxones diferentes: *Zannichellia peltata* de *Ruppietea*; *Ranunculus peltatus* y *Callitriche brutia* de *Potamogenetea*; *Damasonium alisma* de *Isoeto-Nanojuncetea* (Rivas-Martinez et al. 1980).

Una asociación donde podrían incluirse estas comunidades es el *Callitricho-Ranunculetum aquatilis* O. Bolòs, R. Mol. & P. Monts. 1970 (*Potamogetonion eurosibiricum* W. Koch 1926) descrita de Menorca; aunque también podrían ser próximas al *Ranunculo-Callitrichetum brutiae* Brullo 1976 (*Callitricho-Batrachion*). Se trata de dos asociaciones bastante similares entre sí y no parece que haya razones de peso para que pertenezcan a alianzas diferentes. Por ello proponemos un cambio en el esquema sintaxonómico de estas comunidades donde la asociación *Callitricho-Ranunculetum* sea incluida dentro de la alianza *Callitrichion-Batrachion*, a la vez que consideramos que nuestros inventarios representan una forma rica en especies de esta asociación.

La tercera comunidad que hemos observado aparece en los márgenes de estas balsas, o en cubetas poco profundas, sobre suelos muy húmedos pero que sólo se inundan esporádicamente. Esta comunidad presenta: *Lythrum*

hyssopifolia, *Crassula vaillantii*, *Elatine macropoda*, *Juncus bufonius*, *Poa infirma*, *Sagina apetala*, *Mentha pulegium*, y en una localidad *Myosurus minimus* (Inv. 16-47).

Esta comunidad ha sido incluida de una forma un tanto forzada en la asociación *Myosuro-Bullardietum vaillantii* Br.-Bl. 1935 (*Isoetion*(Br.-Bl. 1931) Bolòs & Vigo 1984). Esta clasificación es discutible porque la única especie característica de esta asociación que se encuentra en nuestras islas es *Crassula vaillantii*, y en cambio faltan otras como *Veronica acinifolia* y *Myosurus heldreichii* (Pietsch 1973). Nos parece más correcta una segunda posibilidad, apuntada por Llorens (1979), que es adscribirla al *Elatinetum macropodae* Br.-Bl. (1931) 1935. Esta asociación tiene como especies características a *Lythrum tribacteatum* en lugar de *L. hyssopifolia*, pero también tiene a *Myosurus minimus*, *Elatine macropoda* y *Damasonium alisma* (Pietsch 1973).

La diferenciación de estas dos unidades (*Isoetion* y *Callitricho-Batrachion*) en estas localidades es bastante artificial. Como veremos más adelante estas especies se distribuyen a lo largo de una microzonación que responde a un gradiente de inundación, por lo que es difícil determinar los límites de estas comunidades. También actúa en este sentido (de difuminar los límites) el que estas especies tengan una notable plasticidad ecológica. Y aunque cada una presenta un óptimo más o menos claro dentro de esta zonación, no se puede hablar, estrictamente, de especies exclusivas de los márgenes o del interior de las balsas. Todas las especies del interior de la balsa (salvo *Zannichellia peltata* y *Chara* spp.) también pueden vivir sobre sustratos muy húmedos pero no inundados, al menos durante un cierto período de tiempo. Esto es especialmente patente en el caso de *Marsilea strigosa*. De la misma manera, las especies que hemos considerado de los márgenes pueden aparecer más o menos sumergidas; sobre todo en el caso de *Elatine macropoda* que únicamente queda emergida en la época de la floración y fructificación.

Análisis numérico de los datos

El AFC absorbió el 71.6 % de la varianza acumulada en los seis primeros ejes, distribuida de la siguiente manera:

Eje I : 22.30 %	Eje IV : 8.61 %
Eje II : 15.67 %	Eje V : 7.45 %
Eje III : 11.14 %	Eje VI : 6.45 %

La proyección de los inventarios y de las especies en el plano definido por los ejes I y II se aproxima mucho a una parábola. Estas figuras, relativamente frecuentes como resultado de los AFC son conocidas como efecto Gutmann o efecto arco (Fig. 2). Este efecto se produce cuando la estructura de la matriz de datos refleja un solapamiento parcial de las especies a lo lar-

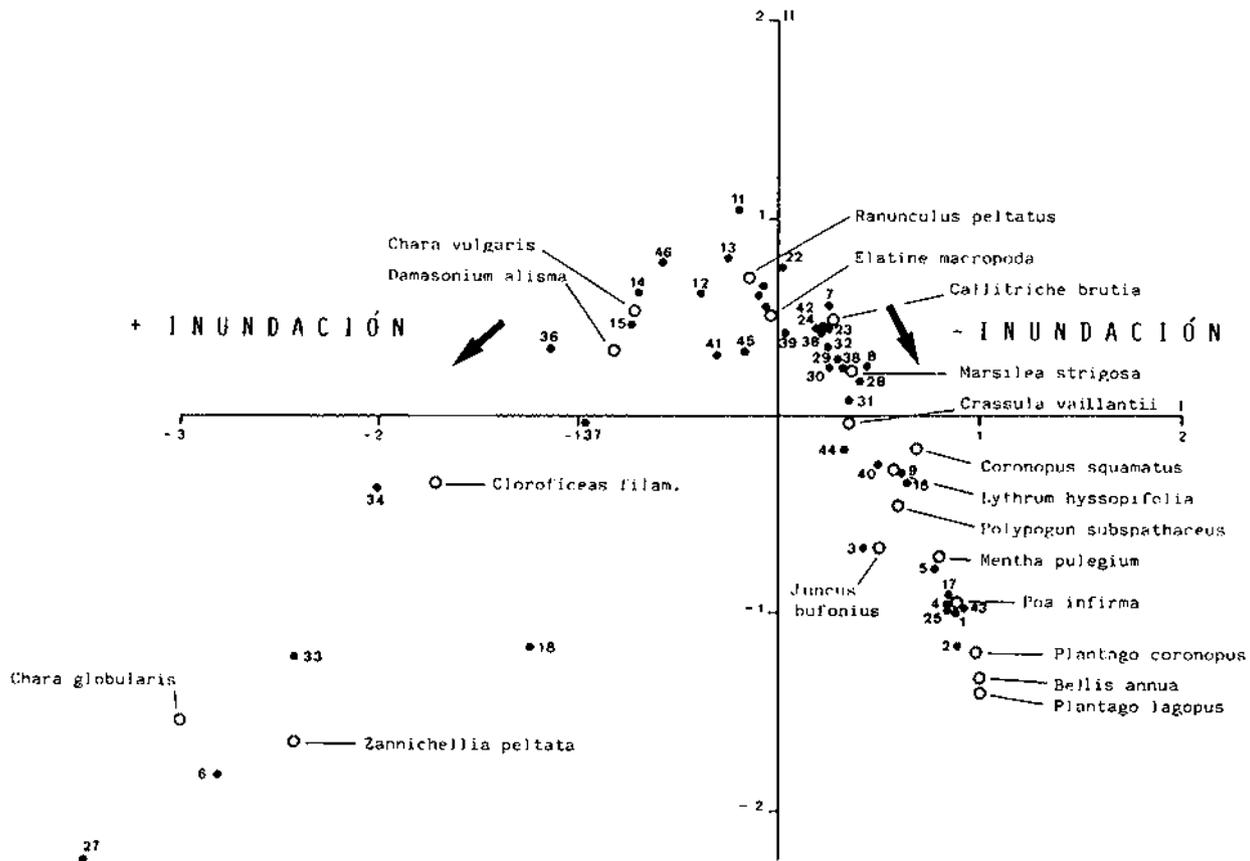


Figura 2. Proyección sobre el plano I/II de los inventarios y las especies de 44 balsas periódicas. El eje I puede interpretarse como un gradiente del grado de inundación del sustrato.

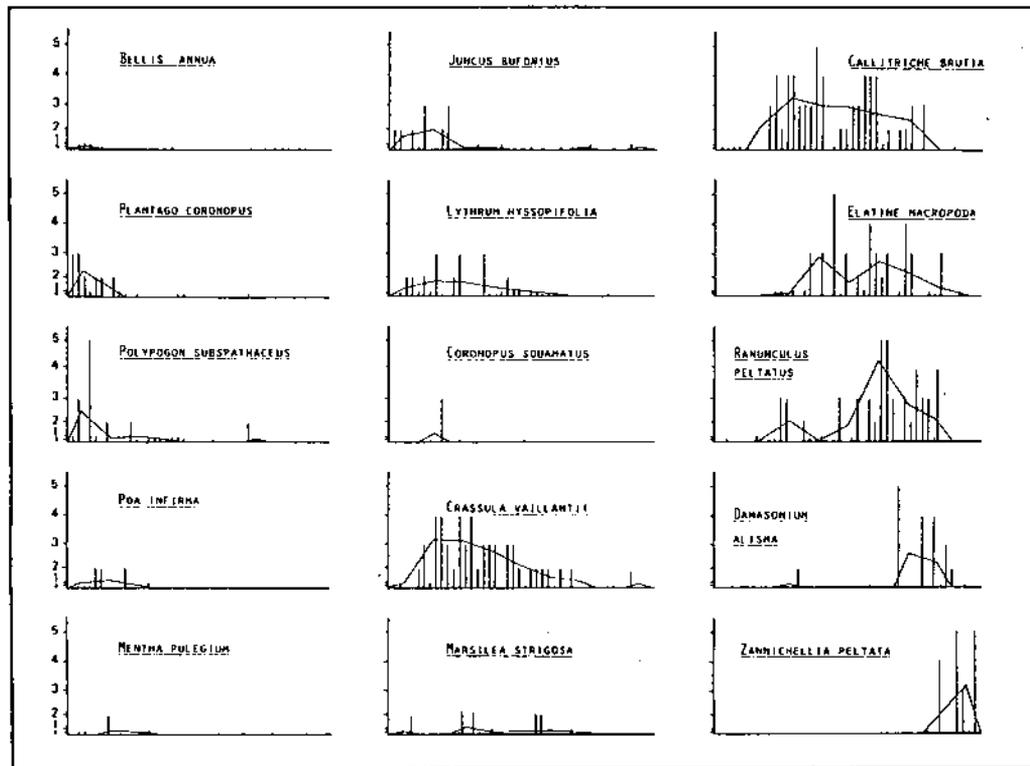


Figura 3. Representación de la cnoclina de la zonación teórica en las balsas estudiadas. Se han ordenado los inventarios sobre la abscisa según su posición relativa sobre el eje I del análisis de correspondencias. Las barras verticales indican el recubrimiento de las especies en cada inventario. La línea continua une los valores de recubrimiento medio de cada cinco inventarios.

go de un gradiente ambiental unidireccional. En estos casos el segundo eje (y muchas veces también los otros) está relacionado mediante una función cuadrática con el primero (aunque conservan su independencia lineal) y no puede ser interpretado como un factor diferente al del primer eje (Jongman et al. 1987, Wartenberg et al. 1987).

En nuestro caso la interpretación del gradiente es bastante sencilla, ya que en el extremo negativo del eje I están situadas especies hidrófilas como *Zannichellia peltata* y *Chara globularis*, mientras que en el extremo opuesto se encuentran especies que no están relacionadas con los medios acuáticos, como *Bellis annua*, *Plantago coronopus* y *Plantago lagopus*. En la zona central se proyectan especies higrófilas como *Crassula vaillantii*, *Lythrum hyssopifolia* y *Marsilea strigosa*, entre otras. Este eje, por tanto, ordena las especies y muestras según un gradiente de humedad del sustrato, o más exactamente según el grado de inundación de este sustrato. El efecto arco también indica un solapamiento de la distribución de las especies a lo largo de este gradiente. Este solapamiento queda patente en la cenoclina (Fig. 3).

La cenoclina, además, ofrece una información muy interesante sobre la ecología de las especies de estas comunidades, ya que evidencia el intervalo del gradiente que es colonizado por cada una de ellas. Unas presentan una distribución limitada a un extremo; otras, en cambio, ocupan gran parte del gradiente, aunque pueden tener su óptimo desplazado hacia uno de los dos extremos. El grupo formado por *Bellis annua*, *Plantago coronopus*, *Plantago lagopus* y *Poa infirma* aparece únicamente en los inventarios del extremo positivo del eje I. Estas especies no son higrófilas en sentido estricto, y residen en estas comunidades al igual que en otras de carácter más xérico. Aunque *Poa infirma* suele aparecer sobre suelos más húmedos que las otras tres, todas ellas ocupan sustratos que nunca están inundados.

Polypogon subspathaceus y *Juncus bufonius*, también aparecen preferentemente en el extremo positivo del eje I, sobre todo cuando presentan valores de recubrimiento importantes; sin embargo también se hallan en inventarios de lugares más húmedos. Por lo tanto estas especies son propias de los márgenes de las balsas, aunque no es raro que puedan colonizar zonas del interior de las mismas, sobre todo al final de la temporada, cuando ha bajado el nivel del agua. También acompañan a estas especies otras de ecología similar, como *Myosurus minimus*, *Sagina apetala*, *Mentha pulegium*, que no han sido consideradas al ejecutar el AFC.

Lythrum hyssopifolia y *Crassula vaillantii*, presentan un óptimo claramente desplazado hacia la zona positiva del eje I, sin embargo también se encuentran en una parte importante del conjunto del gradiente. Estas especies ocupan un lugar de la zonación teórica más interno que las anteriores; por ejemplo en zonas de los márgenes de las balsas que pueden estar inundados durante períodos más o menos prolongados, pero que quedan al descubierto cuando comienza a bajar el nivel del agua; aunque siempre sobre sustratos que permanecen encharcados la mayor parte del tiempo.

Marsilea strigosa ocupa la mayor parte del gradiente, desde las zonas que no se inundan prácticamente nunca hasta las que están cubiertas por las aguas la mayor parte de la temporada, sin que muestre un óptimo que sea claro. Las observaciones de campo que disponemos coinciden plenamente con el resultado de este análisis; esta especie, además, es una de las últimas que se mantiene en actividad una vez que la balsa se ha desecado por completo.

Callitriche brutia, *Elatine macropoda* y *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* presentan una distribución sobre el gradiente bastante parecida entre sí. Las tres especies ocupan la mayor parte del mismo pero rechazando los dos extremos. *Callitriche brutia*, parece tener su óptimo desplazado ligeramente hacia la parte positiva del eje I, mientras que *Ranunculus baudotii* lo tiene desplazado hacia la parte negativa. Son especies claramente acuáticas que viven la mayor parte del tiempo enraizadas en sustratos inundados, pero que también pueden encontrarse esporádicamente en zonas descubiertas, sobre todo al final de la temporada. Las dos primeras frecuentemente acompañan a *Lythrum hyssopifolia*, *Crassula vaillantii* y *Marsilea strigosa*.

Damasonium alisma presenta una ecología más nítidamente definida. Prácticamente siempre se comporta como un helófito, aunque es capaz de resistir cortos períodos de tiempo fuera del agua, sobre todo al final de su ciclo vital, cuando la balsa se seca. Con frecuencia coincide en las mismas zonas que las tres especies anteriores (sobre todo con la tercera) ocupando la parte central de las balsas.

Por último, *Chara globularis*, *Zannichellia peltata* y las clorofíceas filamentosas, son las especies que ocupan el extremo negativo del eje I. Son especies estrictamente hidrófilas, sin ninguna capacidad para resistir un corto período de desecación. Estas especies pueden aparecer junto con *Damasonium alisma* y *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* en el centro de las balsas, pero también hay balsas colonizadas únicamente por *Zannichellia peltata* y *Chara* spp. y en algunos casos por *Lemna gibba*.

Discusión y conclusiones

La vegetación que coloniza las balsas temporales de Mallorca puede ordenarse según un modelo teórico de zonación que responde a un gradiente de inundación del sustrato. Esta zonación no aparece con claridad en la naturaleza (salvo en algunas raras localidades) a causa de las características morfológicas de las cubetas, que presentan unos márgenes demasiado abruptos como para que se den cambios graduales en estas comunidades.

La elaboración de la cenoclina de estas fitocenosis a partir de la ordenación de inventarios, muestra que las especies que viven en estos ambientes presentan una gran amplitud ecológica. Posiblemente este carácter sea imprescindible en un ecosistema tan fluctuante como éste. Asimismo, esta amplitud presupone que las diferentes comunidades que puedan discriminarse mediante métodos de clasificación estén profundamente interdigitadas.

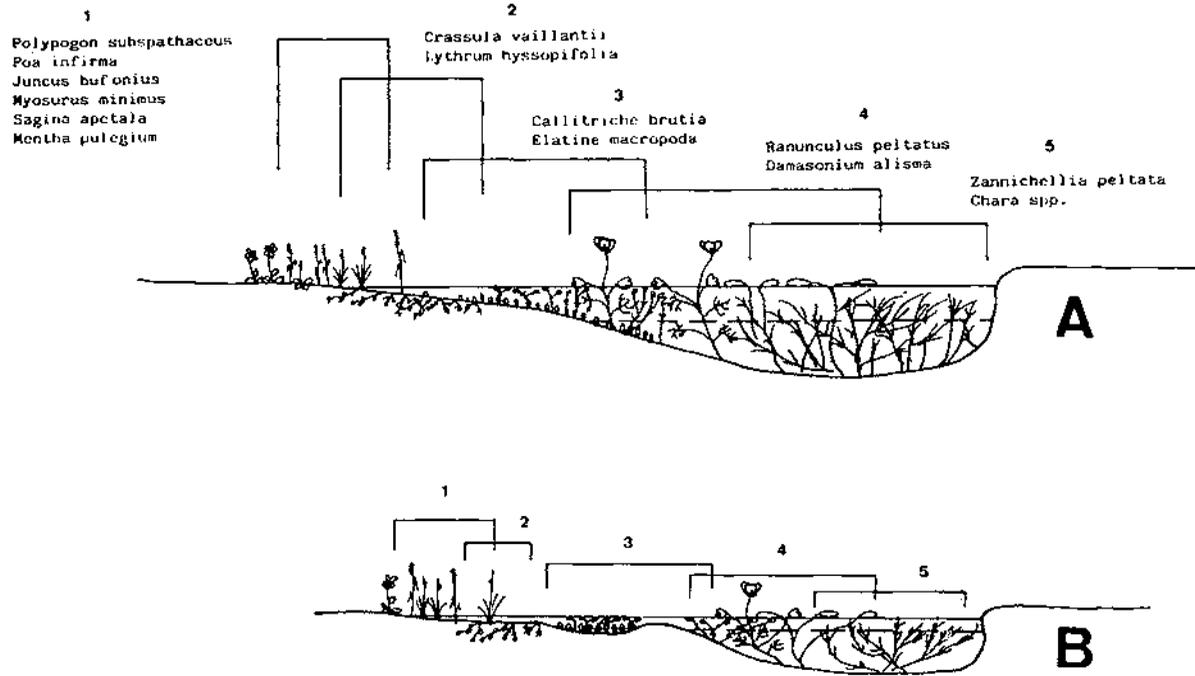


Figura 4. a) Esquema teórico de la zonación de las balsas de la Marina de Lluçmajor. b) Esquema real de la zonación. Los bordes abruptos de las oquedades y la presencia de cubetas más pequeñas impiden una ordenación clara de las especies en el campo.

La zonación teórica podría responder a la siguiente descripción (Figs. 4):

En cubetas colmatadas, habitualmente encharcadas pero casi nunca inundadas se establece una comunidad con especies higrófilas, como *Juncus bufonius*, *Sagina apetala*, *Polypogon subspatheus*, *Mentha pulegium*, *Myosurus minimus*, *Poa infirma*, que pueden estar acompañadas de especies más xerófilas como *Bellis annua* y *Plantago coronopus*, y otras más higrófilas como *Crassula vaillantii*, *Lythrum hyssopifolia* y *Marsilea strigosa*.

En cubetas pequeñas donde se acumula agua durante un cierto tiempo, o en algunos márgenes de las balsas que sólo se inundan en los momentos de máxima acumulación de agua, aparecen *Crassula vaillantii* y *Lythrum hyssopifolia*. También pueden encontrarse *Callitriche brutia*, *Elatine macropoda* y *Marsilea strigosa*.

En el interior de las balsas, en zonas habitualmente inundadas, pero que pueden quedar en seco al final de la temporada, se encuentran *Callitriche brutia*, *Elatine macropoda*, *Marsilea strigosa*, *Ranunculus peltatus* subsp. *baudotii* y *Damasonium alisma*.

En algunas balsas, también en las zonas centrales donde el agua se mantiene más tiempo aparecen *Chara* spp. y *Zannichellia peltata* y, ocasionalmente, *Lemna gibba*. El establecimiento o no de estas especies responde, probablemente, a otros factores hidrológicos que por el momento escapan a nuestra comprensión.

Estas comunidades que hemos descrito pueden adscribirse a tres asociaciones distintas: *Lemnetum gibbae*, *Elatinetum macropodae* y *Callitricho-Ranunculetum aquatilis*.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro agradecimiento al Dr. Leonard Llorens y a Josefa Planells, Magdalena Pons y Damià Jaume por sus sugerencias y por la ayuda que nos prestaron en el desarrollo y elaboración del trabajo.

Bibliografía

- Alonso, M. 1985. Las lagunas de la España Peninsular: Taxonomía, Ecología y Distribución de los Cladóceros. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Bolòs, O. de & Vigo, J. 1984. Flora dels Països Catalans. Barcino. Barcelona.
- Boutin, C., Lesne, L. & Thiery, A. 1982. Ecologie et typologie de quelques mares temporaires à isoètes d'une région aride du Maroc occidental. *Ecologia Méditerranæa*: 31-56.
- Feoli-Chiapella, L. & Feoli, E. 1977. A numerical phytosociological study of the summits of Majella Massive (Italy). *Vegetatio* 34: 21-39.
- Fornós, J.J., Pomar, L. & Rodríguez, A. 1983. Las eolianitas del Pleistoceno de Mallorca y sus estructuras asociadas. X Congreso Nacional de Sedimentología: 90-93.
- Guijarro, J.A. 1986. Contribución a la bioclimatología de Baleares. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.

- Jaume, D. 1989. *Metadiaptomus chevreuxi* (Copepoda: Calanoida: Diaptomidae) and *Leptestheria mayeti* (Branchiopoda: Conchostraca: Leptestheriidae), two African Freshwater crustacean recorded in Majorca. *Limnetica* 5: 101-109.
- Jaume, D., Planells, J., Pons, M. & Rita, J. 1987. Caracterización y dinámica de las balsas periódicas de una zona semiárida de Mallorca (Islas Baleares). IV Congreso Español de Limnología. Sevilla.
- Jongman, R.H.G., Braak, C.J.F. & van Tongeren, D.F.R. 1987. Data Analysis in community and landscape ecology. Pudoc. Wageningen.
- Llorens, Ll. 1979. Notes sobre l'*Isoetion* a Mallorca. *Collectanea Botanica*: 241-249.
- Margalef, R. 1953. Materiales para la hidrología de la isla de Mallorca. *P. Ins. Biol. Apl.* 15:5-111.
- Mayol, J. 1972. Hallazgo de *Triops cancriformis* (Bosc. 1801) y *Leptestheria dahalacensis* (Rüppel 1837) en la isla de Mallorca. (Crustacea, Notostracea, Conchostracea). *Graellsia* 31: 231-233.
- Pietsch, W. 1973. Beitrag zur gliederung der Europäischen zwergbinsengesellschaften (*Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. & Tx. 1943). *Vegetatio* 28: 401-438.
- Pomar, L. 1975. Procesos telodiagenéticos en rocas carbonatadas del litoral catalán y Baleares: su relación con microorganismos. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona.
- Rita, J. 1988. Estructura y ecología de los pastizales terofíticos de Baleares. El medio y la vegetación de la Marina de Lluçmajor. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears. Palma de Mallorca.
- Rita, J. & Sebastià, M.T. 1984. La vegetación de los tremedales y turberas subalpinas del complejo lacustre del Carlit (Alta Cerdanya). *Actas de las IV Jornadas de Fitosociología*: 105-107. León.
- Rivas-Martínez, S., Costa M., Castroviejo S. & Valdés, E. 1980. Vegetación de Doñana (Huelva, España). *Lazaroa* 2:5-189.
- Salvador, Archiduque Luis 1871. Las Baleares, por la palabra y el grabado. Tomo 4: Mallorca parte general. Caixa de Balears 1985.
- Wartenberg, D., Ferson, S. & Rohlf, J. 1987. Putting things in order: a critique of detrended correspondence analysis. *The American Naturalist*. 129: 434-448.
- Westhoff, V. & van der Maarel, E. 1973. The Braun-Blanquet approach. *In*: R.H. Whittaker (ed.) *Hand-book of Vegetation Science*, part V: Ordination and Classification of Vegetation. Junk. The Hague, pp. 287-321.

Manuscrito recibido en enero de 1990.