

ALMORAIMA 43, 2012

ESTUDIO ECOLÓGICO DE UÑA DE GATO “*CARPOBROTUS EDULIS*”. RELACIONES DE COMPETENCIA CON OTRAS ESPECIES

Orlando Garzón Gómez, José Miguel Ramos Durán, Pablo Camacho Pozo, Manuel Morales Gavián, Juan Carlos Ruz Franco, Franchó Blasco Delso, Francisco Pugnaire.

INTRODUCCIÓN

Carpobrotus edulis es una especie originaria de Sudáfrica que se está expandiendo a lo largo de la costa mediterránea y atlántica de la Península Ibérica (Sánchez García 2000) como lo ha hecho en la costa de California (D’Antonio 1993; D’Antonio & Vilá 1998), teniendo en común ambas zonas unas características climáticas mediterráneas.

Este trabajo continúa los estudios iniciados en el paraje natural del río Palmones que pretendían conocer la capacidad de expansión en los distintos ambientes del paraje: Sistemas dunares, corrales, matorral y marismas. Dada la amplitud de su distribución y la singularidad de los parajes sobre los que se asienta esta especie invasora, el Parque natural del Estrecho entre otros (Sánchez García

2000), resulta conveniente describir las relaciones que se establecen entre *Carpobrotus edulis* y el medio que coloniza, observando el diverso grado de modificación del mismo (D'Antonio 1993). De igual modo hemos estudiado las relaciones (fundamentalmente de competencia) que se establecen con otras especies vegetales.

Palabras clave: *Carpobrotus edulis*, especie invasora, parque del estrecho, competencia

MATERIALES Y MÉTODOS

-Condiciones micro-climáticas

Para la obtención de las condiciones climáticas de la zona en la que se encontraba *Carpobrotus edulis*, instalamos una serie de sensores de temperatura y humedad. Los sensores los dispusimos de la siguiente manera: Colocamos dos sensores, uno bajo la planta, pero en la superficie de la tierra y otro a cinco centímetros de profundidad. Situamos otros dos sensores, pero esta vez fuera del lugar donde está la planta. Su posición sigue siendo la misma, uno en la superficie de la tierra y otro a cinco centímetros de profundidad. Para tener mayor veracidad, realizamos esta experiencia sobre dos manchas más de *Carpobrotus edulis*.

Los sensores de humedad del suelo se insertaron a 20 centímetros bajo la planta en suelo no alterado y otros, separados y aislados de la planta a idéntica profundidad que actuaran como testigos.

Los sensores de aire se colocaron a una altura de 30 cm sobre la superficie de la tierra. Este sensor nos permitirá medir la temperatura y la humedad del aire.

-Materia Orgánica

Se obtuvieron doce muestras de suelo, seis en el exterior de la mancha de *Carpobrotus edulis* y otras seis en el interior. Las muestras, tomadas hasta 5 cm de profundidad en un área de 15 x 15 cm, se introdujeron en bolsas y fueron transportadas al laboratorio. Una vez allí, se tararon doce pocillos de cerámica, y en ellos se pusieron 20 gramos de cada una de las muestras de suelo. Estos pocillos fueron trasladados a una mufla a 500° C de temperatura en los que permanecieron 48 h para eliminar toda la materia orgánica. Al retirarlos, se dejaron enfriar. Una vez fríos se volvieron a pesar junto a los pocillos. Se anotaron los resultados, y se retiró la arena de los pocillos con un pincel. Entonces se pesaron los pocillos sin arena, y su peso fue restado a los resultados anteriores.

-Medida de pH y conductividad

Para la comprobación del pH y la conductividad del suelo de dentro y de fuera de la mancha usamos las mismas muestras. Tomamos 2 gramos de suelo que pusimos en unos botes y mezclamos con 50 ml de agua destilada y agitamos. Realizamos el filtrado utilizando la bomba de vacío de membrana (MILLIPORE). Las medidas del pH se realizaron con un pH-metro (micro pH 2002, CRISON) y las de conductividad con un conductímetro (Conductimeter basic 30, CRISON).

-Distribución de las raíces

Se pretendía obtener la densidad de las raíces de *Carpobrotus edulis* para comprobar si esta densidad podía ser una de las causas de su rápida expansión y fuerza actuaba como factor de competencia de otras especies de su entorno.

Las raíces se obtuvieron de las manchas de *Carpobrotus edulis*. Para ello, se escogieron 5 zonas del perímetro de la mancha que estuviesen entre dos brazos (tallos decumbentes), a las que se llamaron F1, F2, F3, F4 y F5, y otras cinco zonas del interior de la mancha, a las que se llamaron D1, D2, D3, D4 y D5. Para cada una de las zonas escogidas, se hicieron cortes de 10 cm por 20 cm de superficie, y se fue extrayendo de cinco en cinco centímetros de profundidad el volumen de suelo con sus raíces, extrayéndose así la primera de 0 a 5 cm, la segunda de 5 a 10 cm, la tercera de 10 a 15 y la última de 15 a 20 cm de profundidad. Se extrajeron de esta manera para observar la variación de la densidad de raíces a distintas profundidades.

-SLA

Para la obtención del SLA (área específica de la hoja, de sus siglas en inglés) de la planta *Scrophularia frutescens* var. *frutescens* se extrajeron tres brotes de dieciséis plantas, seis de ellas situadas en el interior de las manchas de *Carpobrotus edulis* y las otras diez en el exterior. Estas dieciséis muestras se introdujeron en sobres de papel y se trasladaron a la EEZA (Estación Experimental de Zonas Áridas).

-Germinación semillas de cebada

En primer lugar tomamos 6 muestras de suelo tanto dentro como fuera de la mancha de *Carpobrotus edulis* en parcelas de 10 cm x 10 cm. En segundo lugar volcamos en 12 placas de petri la misma cantidad de suelo. Después añadimos 50 ml de agua destilada. Por último pusimos a germinar 30 semillas de cebada en cada placa, ya que es una semilla con alto poder germinativo.

Observamos su germinación. A los dos días de haberlas sembrado hicimos un recuento por separado de las semillas que ya habían germinado y las que no en cada placa diferenciando las de dentro y las de fuera de la mancha ya que el fin de este experimento es verificar si *Carpobrotus edulis* segrega algún compuesto que inhibe el crecimiento de otras plantas.

-Especies presentes dentro y fuera de las manchas de *Carpobrotus edulis*

Esta experiencia fue realizada con la intención de comprobar el efecto de *Carpobrotus edulis* sobre la comunidad de especies. Pretendíamos conocer si existía variación en la distribución de las especies vegetales dentro y fuera de las manchas. El estudio de las distintas especies en contacto con las manchas de *Carpobrotus edulis* fue realizado a través de un muestreo al azar en cuadrados de 25 cm x 25 cm, tanto en el exterior próximo a la mancha, como en el interior.

RESULTADOS

-Temperatura

En la mancha 1 se observaron unas mayores oscilaciones térmicas en los sensores situados en el exterior con respecto a los situados a 5cm. Las oscilaciones térmicas en los sensores situados a 5cm de profundidad manifiestan una mayor oscilación fuera de la mancha. En superficie las oscilaciones son superiores, con un mayor contraste dentro de la mancha. Mayor contraste de temperaturas en superficie y menor a 5cm de profundidad dentro de la mancha. Tabla 1.

	D _{-sup} M1	D _{-5cm} M1	F _{-sup} M1	F _{-5cm} M1
promedio	13,74	14,11	13,76	13,93
Máx.	20,57	16	20,95	17,14
min.	13,32	13,7	14,85	13,7
dif.	7,25	2,3	6,1	3,44

Tabla 1. Temperaturas máximas y mínimas en la mancha 1 (°C). n = 657.

En la mancha 2 se aprecian mayores oscilaciones térmicas fuera de la mancha a 5cm de profundidad. En superficie los valores son similares ($\pm 0,02$ °C). Los valores promedio de temperaturas son superiores fuera de la mancha 2, especialmente en superficie ($\pm 1,77$ °C). Tabla 2.

	D _{-sup} M2	D _{-5cm} M2	F _{-sup} M2	F _{-5cm} M2
promedio	11,90	13,44	13,67	13,56
máx.	15,23	15,23	16,76	20,57
Min.	11,77	12,93	13,32	13,7
Dif.	3,46	2,3	3,44	6,87

Tabla 2. Temperaturas máximas y mínimas en la mancha 2 (°C). n = 657.

En la mancha 3 se aprecian mayores oscilaciones térmicas a 5cm de profundidad fuera de la mancha ($\pm 1,89$ °C). De igual modo ocurre en superficie ($\pm 1,14$ °C). Las temperaturas promedio son iguales a 5cm de profundidad y en superficie ligeramente superior fuera de la mancha ($\pm 0,34$ °C). Tabla 3.

	D _{-sup} M3	D _{-5cm} M3	F _{-sup} M3	F _{-5cm} M3
promedio	13,44	13,93	13,78	13,92
máx.	19,81	15,62	20,95	17,9
Min.	13,7	13,7	13,7	14,09
dif.	6,11	1,92	7,25	3,81

Tabla 3. Temperaturas máximas y mínimas en la mancha 3 (°C). n = 657.

Tomados todos los valores de las tres zonas de estudio y agrupados según su ubicación, los resultados manifiestan una mayor temperatura en superficie fuera de la mancha ($13,74 \pm 0,058$ °C) que dentro ($13,03 \pm 0,985$ °C), mientras que a 5cm de profundidad las temperaturas son similares (dentro $13,83 \pm 0,347$ °C. fuera $13,80 \pm 0,214$ °C). Fig. 1.

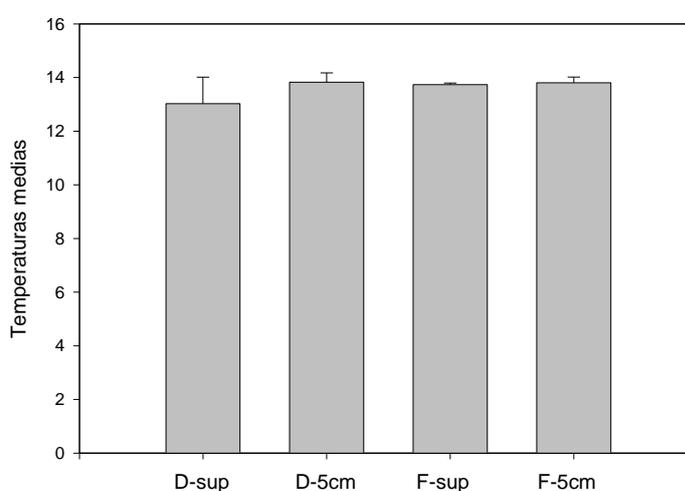


Fig. 1. Temperaturas medias de las tres manchas (M1, M2, M3) en cada una de las zonas estudiadas. N = 1971. Abreviaturas: D-sup: en superficie dentro de las manchas M1, M2 y M3. D-5cm: a 5m de profundidad dentro de las manchas M1, M2 y M3. F-sup: en superficie fuera de las manchas. F-5cm: a 5cm de profundidad fuera de las manchas.

-Humedad

La mancha 1 manifiesta una línea ascendente de la humedad del suelo a 20 cm de profundidad, con unos picos debidos a las precipitaciones que tuvieron lugar a lo largo de los días de medición. Se aprecia una mayor humedad dentro que fuera. Los valores promedios calculados arrojan los siguientes resultados: dentro $26,47 \pm 7,67$ y fuera $20,78 \pm 5,26$, con una desviación estándar elevada.

En la mancha 2 se observa una similitud de humedad del suelo que sólo se ve interrumpida con unos picos de aumento de agua en suelo fuera de superficie. Este aumento también se da dentro de la mancha con unas posteriores fluctuaciones menores.

Los valores promedio obtenidos son dentro la mancha $22,53 \pm 4,87$ y fuera de $21,95 \pm 3,73$.

-Materia orgánica

Analizadas 12 muestras de suelo, de 20cm x 20cm y 5cm de profundidad, por el proceso de combustión a 500 °C, los resultados obtenidos se recogen en la figura 2, apreciándose un mayor porcentaje de materia orgánica en las muestras de suelo de dentro de las manchas de *Carpobrotus edulis* (Dentro: $2,4 \pm 0,3$ %. Fuera: $1,2 \pm 0,3$ %).

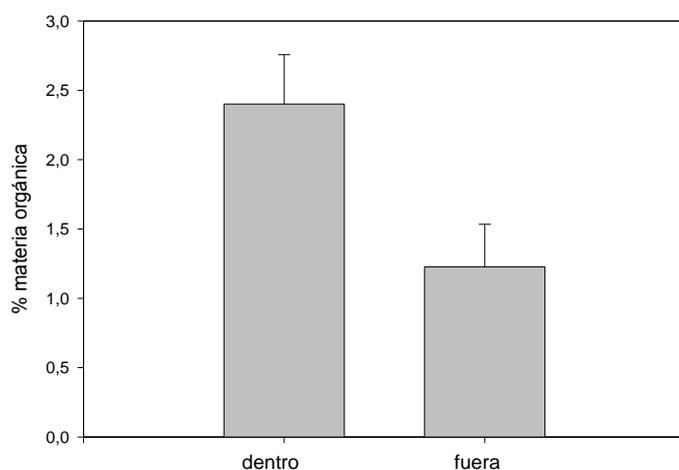


Fig. 2. % de materia orgánica en muestras de suelo dentro y fuera de las zonas de cobertera de *Carpobrotus edulis* (N = 12).

-Ph

El análisis de las muestras de suelo dentro y fuera ($n = 12$) han arrojado los siguientes valores promedios: dentro $7,6 \pm 0,15$ y fuera $7,2 \pm 0,0$. El pH dentro de la mancha es básico con respecto al exterior (Fig. 3). El análisis estadístico de los datos mediante la t student nos da un valor de 0,0118; por tanto, ambas zonas son significativamente distintas.

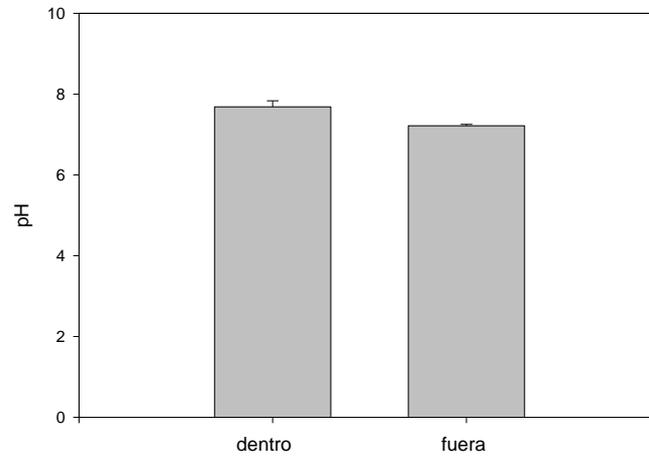


Fig. 3. pH del suelo dentro y fuera de las manchas. N = 12. 6 para cada zona.

-Conductividad

Los valores de conductividad son los siguientes: dentro $132,2 \pm 28,1$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ y fuera $102,9 \pm 9,3$ $\mu\text{S}/\text{cm}$. La variación de los valores señalan una diferencia entre las zonas internas y externas a las muestras pero el análisis estadístico con la T de student no arroja diferencias significativas.

-Temperatura y humedad atmosférica

La temperatura en la zona de las manchas es menor que en el exterior. De igual modo, la humedad relativa de las zonas de las manchas es mayor que fuera de ellas. Tabla 4.

	Temperatura	Humedad
Dentro	15,83±0,08 °C	68,11±0,45 %
fuera	17,13±0,32 °C	64,32±2,89 %

Tabla 4. Valores promedio de la zona. N = 6.

-Distribución de las raíces

En el estudio de la distribución de las raíces se tomaron tres muestras del interior de las manchas de *Carpobrotus edulis* y tres de fuera, con un volumen de tierra de 20 x 20 x 5cm de grosor a 5cm, 10cm, 15cm y 20cm de profundidad. La T de student sólo manifestó clara diferencia en los datos obtenidos a 5cm de profundidad (0,05), entre las muestras del interior y las externas, siendo no significativos a demás profundidades. Como se aprecia en la tabla 5, en los primeros 10 cm de profundidad se localizan el 87 % del total de las raíces, una densidad muy alta.

intervalos	% raíces	mg/cm ³
0cm-5cm	38,93%	2,16±0,43
5cm-10cm	48,07%	2,67±0,82
10cm-15cm	12,05%	0,67±0,26
15cm-20cm	0,95%	0,05±0,03

Tabla 5. % y densidad de las raíces presentes en intervalos de 5cm de profundidad y un área de 20cm x 10cm. N = 6. (3 exterior y 3 interior).

El desarrollo de las raíces de *Carpobrotus edulis* se observa superficial. Su abundancia determina una asfixia radicular para otras especies que tengan raíces superficiales. Fig. 4.

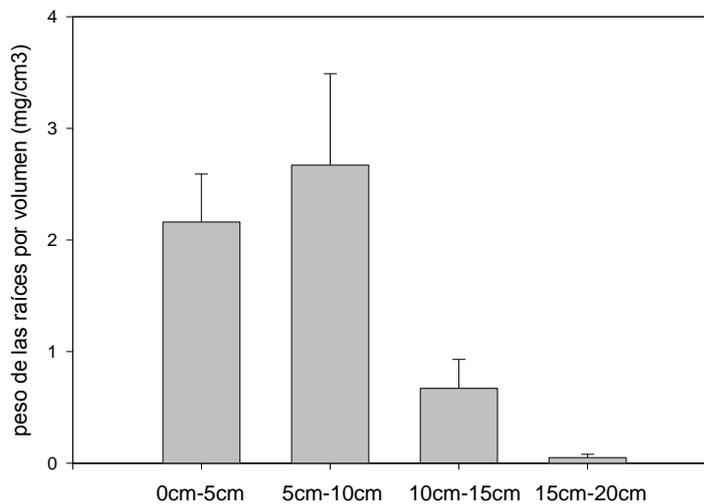


Fig. 4. masa por unidad de volumen de las raíces de *Carpobrotus edulis* en la zona estudiada. N = 6.

-SLA

El estudio de SLA se realizó con 6 muestras de *Scrophularia frutescens* del interior y 10 muestras del exterior de las manchas. Los resultados obtenidos fueron: dentro: $5,7 \pm 0,7$ m²/Kg fuera: $7,3 \pm 0,4$ m²/Kg.

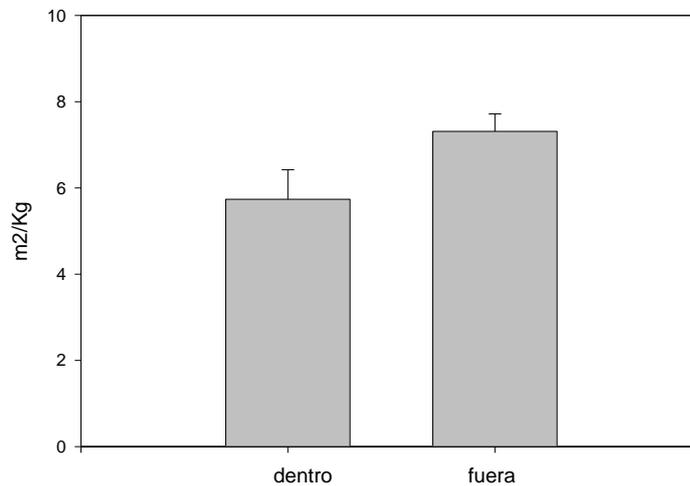


Fig. 5. Estudio de SLA con *Scrophularia frutescens* var. *Frutescens*, n = 16.

La T de student no resultaba suficientemente significativa (0,099), aunque los resultados obtenidos manifiestan un mayor desarrollo foliar en el exterior de las manchas que dentro.

El análisis del peso de los brotes de *Scrophularia frutescens* var. *Frutescens* nos arroja los siguientes valores: dentro $52,8 \pm 11,9$ mg. fuera: $84,0 \pm 12,7$ mg.

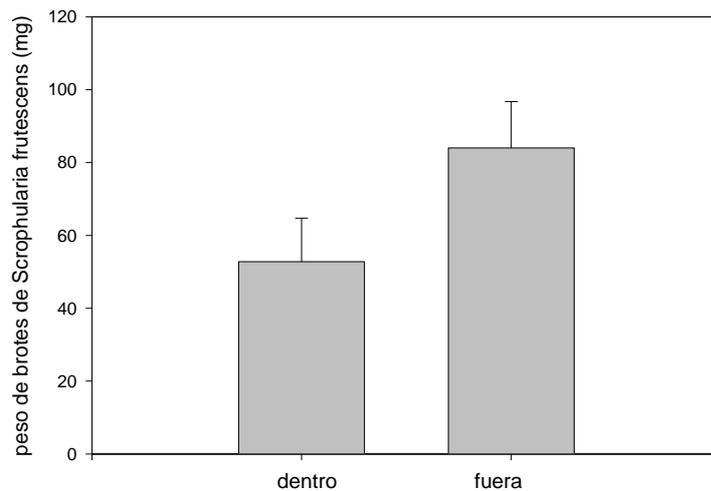


Fig. 6. Peso de los brotes de *Scrophularia frutescens* var. *Frutescens*, dentro n = 18. Fuera n = 30.

Considerando todos los datos obtenidos para dentro y fuera de las manchas, la T de student manifiesta diferencias claramente significativas entre los dos grupos de medidas (0,0029).

El peso de las hojas en muestras recogidas dentro y fuera (n = 10), nos arroja unos resultados: dentro: $9,08 \pm 1,50$ mg. Fuera: $17,82 \pm 6,91$ mg. La prueba T de student no apreciaba diferencias (0,3541). El valor de biomasa es duplicado en el exterior con respecto al interior.

-Germinación con semillas de cebada

El estudio de la alelopatía fue desarrollado con una siembra de 12 placas de petri, seis con suelo dentro de la mancha y otras seis con suelo de fuera. Se plantaron semillas de cebada que poseen un alto poder de germinación y los resultados obtenidos aparecen reflejados en la tabla 6.

Germinación con cebada.

Inicio: martes 24. Finalización: Viernes 27.

		si germinado		no germinado		inicio de germinación.	
total fuera	total dentro	dentro	fuera	dentro	fuera	dentro	fuera
28	30	16	22	11	6	3	0
28	28	14	14	12	10	2	4
28	28	16	14	12	13	0	1
28	27	7	21	12	5	8	2
29	27	7	19	13	8	7	2
25	30	14	15	16	6	0	4

Tabla 6. Germinación de cebada a partir de muestras de suelo. n = 12.

Comunicaciones

El promedio de germinación dentro de la mancha es de $55,3 \pm 2,3$ % y fuera $69,6 \pm 4,6$ %. El valor T de student de 0,020 es significativo. Los valores obtenidos manifiestan una clara diferencia en el poder de germinación dependiendo del tipo de suelo que se trate.

-Diversidad vegetal

Para observar la diversidad vegetal presente dentro y fuera de las manchas se realizaron muestreos aleatorios con cuadrados de 25cm x 25cm en número de 12 en el exterior y 13 en el interior. El número de especies distintas encontradas en el interior de las manchas es $2,4 \pm 0,5$ y en el exterior $5,1 \pm 0,7$. Atendiendo al número de plantas, en el interior es de $5,8 \pm 1,8$ y en el exterior de $35,2 \pm 5,7$, manifestándose una clara asimetría en ambas variables. En ambos casos, la prueba de la T de student manifestaba esa clara diferencia ($0,00427$ y $3,357E-05$). El número de especies encontradas fue 21 de las que 18 fueron descritas.

Atendiendo a la distribución de las especies dentro y fuera, el 47,6% de las especies se encontraban sólo en el exterior, el 14,3% sólo en el interior, y el 38,1% tanto dentro como fuera de las manchas.

De las especies descritas en ambas zonas, a excepción de *Helichrysum stoechas* var. *Maritimum*, las demás especies eran más abundantes en el exterior que en el interior. Encontramos tres especies que sólo aparecen en el interior de la mancha. *Cyperus capitatus*, *Sonchus oleraceus* y *Fagonia cretica*.

Cyperus capitatus y *Fagonia cretica* se han observado en la zona, aunque más alejadas de las manchas de *Carpobrotus edulis*.

Al realizar el análisis de cluster, la agrupación de las distintas muestras manifiesta una agrupación de las muestras del interior, y una mayor dispersión de las muestras situadas en el exterior, tanto en el análisis del número de especies diferentes halladas en la muestra como en el número de plantas por cada especie presentes en las muestras. Fig. 7.

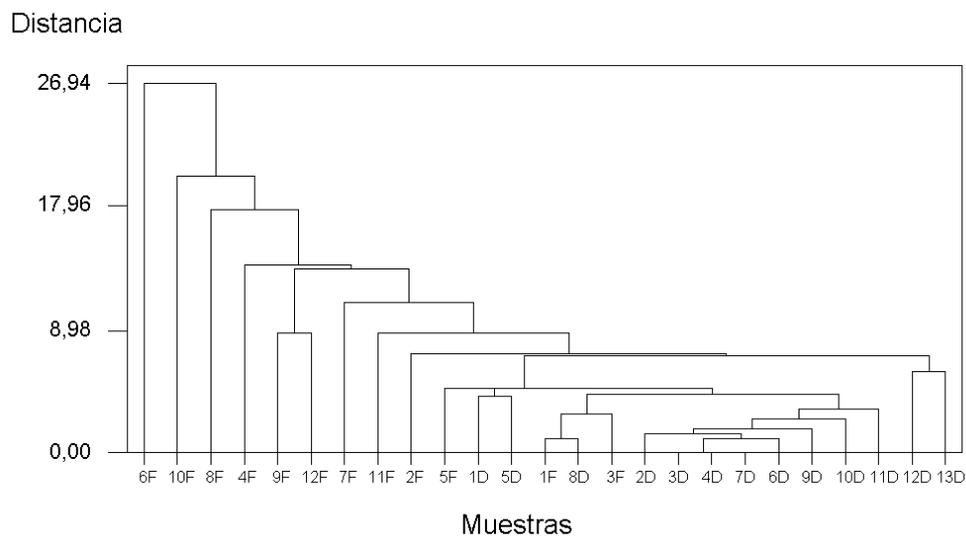


Fig. 7. Análisis de cluster (distancia Euclídea, enlace simple). N = 25. 12 exterior de las manchas y 13 en el interior. N° de plantas por especie en cada muestra.

DISCUSIÓN

Las oscilaciones térmicas dentro y fuera de las manchas de *Carpobrotus edulis* permiten deducir que las temperaturas máximas del interior de las manchas son más bajas y las mínimas más altas que las obtenidas en el exterior. Las oscilaciones térmicas de la superficie del suelo son menores en

Comunicaciones

el interior que en el exterior, mientras que a 5 cm de profundidad son similares. Las menores temperaturas del interior vienen determinadas por la cobertura, que protege al suelo de la evaporación, de la acción del viento, etc. Esto último se ve refrendado por los datos obtenidos en la mancha 2, (mas expuesta a las fluctuaciones ambientales por su posición más sobresaliente del terreno).

La humedad medida dentro es mayor en el interior que en el exterior, a pesar de que las condiciones ambientales en que fueron realizadas las mediciones (nublado y con precipitaciones abundantes) no eran propicias para detectar las diferencias esperadas entre el interior y el exterior de la planta.

Los datos obtenidos sobre la humedad del suelo dentro y fuera de las manchas ponen de manifiesto en la mancha 1, que existe una diferencia apreciable en las posiciones de dentro y de fuera, incrementándose más la humedad en el interior. El aumento de la humedad dentro de la mancha puede estar determinado por el incremento de raíces y materia orgánica, que retiene más agua que fuera donde esos valores serán menores.

La materia orgánica presente en el suelo es el doble dentro que fuera. Esto puede contribuir a la variación de las propiedades del suelo en cuanto a la retención de agua, pH, conductividad; así como a la competencia con otras especies (alelopatía).

El pH es más básico en el interior de las manchas ($\approx 7,7$) que fuera ($\approx 7,2$), y puede afectar a las condiciones del medio y a las especies que se puedan desarrollar. La conductividad es más alta en el

Comunicaciones

interior de las manchas ($132,2 \pm 28,2$) que en el exterior ($102,9 \pm 9,3$), y se corresponde con el incremento de basicidad del medio en el interior de las manchas.

La distribución de las raíces muestra que el 87% se localiza en los 10 cm de profundidad. Se considera que la densidad de raíces es muy alta en este espacio y que este desarrollo radicular es un factor de relevancia en la competencia con otras especies, tanto en aquellas que tengan una distribución radicular superficial como aquellas que inician su desarrollo. Este factor, junto al elevado número de tallos decumbentes que emite la planta impidiendo la llegada de luz, puede explicar la exclusión de muchas especies en las manchas. Aquellas especies que tengan un buen desarrollo en profundidad de sus raíces, tendrán mayor capacidad de hacer frente a la competencia de *Carpobrotus edulis*.

El estudio del área específica de la hoja (SLA) en brotes de *Scrophularia frutescens* var. *Frutescens* ha determinado para las muestras del interior un valor de $5,74 \pm 0,69$ m²/Kg. y para el exterior $7,31 \pm 0,41$ m²/Kg. La menor superficie foliar de las muestras del interior es un síntoma del estrés debido a la competencia de *Carpobrotus edulis*, tanto en nutrientes como en radiación solar. Esto se nota también en el peso de los brotes, que es significativamente más bajo en el interior de las manchas que en el exterior. Lo mismo ocurre con el peso de las hojas, que doblan en tamaño las de fuera a las de dentro.

El estudio de la germinación de semillas de cebada (alto poder de germinación), manifiesta la presencia de compuestos que inhiben el crecimiento de estas semillas. La presencia de alelopatía

como estrategia de competencia parece manifiesta. El sustrato se erige como elemento diferencial en la tasa de germinación.

La diversidad vegetal muestra una mayor presencia fuera de las manchas que dentro, tanto en el número de especies (85,7% en el exterior y 52,3% en el interior), como en su abundancia (5,1 en el exterior por 2,4 en el interior), con una clara diferencia en ambos casos según expone el análisis estadístico. Es una clara manifestación de que al invadir *Carpobrotus edulis* una zona natural elimina la vegetación original.

El trabajo desarrollado aporta datos relevantes sobre la ecología de *Carpobrotus edulis*, y el éxito de su implantación, que en parte viene dado por la alteración de las condiciones físico-químicas del sustrato y por las estrategias de competencia desarrolladas, que le permiten monopolizar con el paso del tiempo las superficies donde se introduce.

BIBLIOGRAFÍA

D'ANTONIO, Carla. (1990). Seed production and dispersal in the non-native, invasive succulent *Carpobrotus edulis* (Aizoaceae) in coastal strand communities of central California. Department of biological Sciences, University of California, Santa Barbara. USA. *Journal of Applied Ecology* 1990, 27, 693-702.

Comunicaciones

D'ANTONIO, Carla. (1993). *Mechanisms controlling invasión of coastal plant communities by the alien succulent *Carpobrotus edulis**. Department of Integrative Biology, University of California, Berkeley, USA. Ecology.

GIMÉNEZ LUQUE, E et al. (2003). *Paraje natural Punta Entinas – Sabinar (Almería). Flora, vegetación y ornitofauna*. Universidad de Almería. Servicio de publicaciones.

MARON, J & VILÁ, M. (2001). *When do herbivores affect plant invasión? Evidence for the natural enemies and biotic resistance hypotheses*. OIKOS 95: 361-373 Copenhagen.

PUGNAIRE, F. ARMAS, C. VALLADARES, F. (2004). Soil as a mediator in plant-plant interactions in a semi-arid community. *Journal of Vegetation Science* 15: 85-92, 2004. Upsala.

SÁNCHEZ GARCÍA, I. (2000). *Flora amenazada del litoral gaditano*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. 120-121.

VILÁ, M. D'ANTONIO, C. (1998). *Fitness of invasive *Carpobrotus* (Aizoaceae) hybrids in coastal California*. Department of Integrative Biology, University of California, Berkeley, USA. Ecoscience.

VILÁ, M. WEBER, E. D'ANTONIO, C. (1997). *Flowering and mating system in hybridizing *Carpobrotus* (Aizoaceae) in coastal California*. Department of Integrative Biology, University of California, Berkeley, USA.