



# Ensamblaje de comunidades en el ecosistema dunar de Doñana arrasado por el incendio

TFG

MANUEL SERRANO JIMÉNEZ

TUTORA: MARÍA CRUZ DÍAZ ANTUNES-BARRADAS

A mis padres por haberme permitido estudiar esta carrera y haberme transmitido el amor por la naturaleza.

A María Cruz Díaz Antunes-Barradas, no solo por ayudarme con este proyecto, si no por enseñarme tanto de ecología y brindarme tantas oportunidades.

Al departamento de Ecología y todos sus componentes por ayudarme tanto y haberme permitido establecer una relación más personal.

A mis compañeros de carrera, que siempre han estado ahí para compartir los momentos.

A ti por hacerme ver que sí que era capaz de todas las cosas que he hecho.

Y, por último, y más importante, a la Biología.

## **Índice**

<b><u>Resumen</u></b>	<b>3</b>
<b><u>Introducción</u></b>	<b>3</b>
<b><u>Materiales y métodos</u></b>	<b>4</b>
<u>Zona de estudio</u>	4
<u>Muestreo</u>	5
<u>Procesamiento de muestras</u>	8
<u>Atributos</u>	8
<u>Transectos</u>	8
<u>Atributos de las especies</u>	9
<u>Atributos por parcela</u>	10
<u>Análisis de datos y estadísticos</u>	11
<b><u>Resultados</u></b>	<b>11</b>
<u>Datos edafológicos</u>	11
<u>Cobertura</u>	13
<u>Redes de interacción interespecíficas</u>	13
<u>Atributos de las hojas: LMA y LDMC</u>	16
<u>Área de las matas</u>	18
<u>Atributos por parcela</u>	18
<b><u>Discusión</u></b>	<b>19</b>
<u>Cobertura y diferencia entre las zonas</u>	19
<u>Interacciones interespecíficas</u>	20
<u>Atributos foliares</u>	23
<u>Área de las matas</u>	25
<u>Atributos por parcela</u>	26
<b><u>Conclusiones</u></b>	<b>27</b>
<b><u>Bibliografía</u></b>	<b>29</b>
<b><u>Anexos</u></b>	<b>30</b>

## **Resumen**

Tras el incendio que arrasó parte del Parque Natural de Doñana, las especies y sus comunidades han comenzado a resurgir. El estudio se centra en estudiar las diferencias que existen entre las poblaciones que se están ensamblando y evolucionando en la zona del incendio, específicamente en el Médano del Asperillo. Con la intención de conocer los diferentes ensamblajes poblacionales, se muestreó en un gradiente de salinidad alejándonos de la costa. De esta forma, podríamos estudiar con mayor claridad las diferencias en coberturas, atributos de las plantas y en las poblaciones. Las diferencias evidencian en el estado de progresión ecosistémico que se encuentra el lugar, estableciendo en que punto de su desarrollo se encuentra y confirmando que aún no ha llegado a una cierta estabilidad.

## **Introducción**

El estudio de las comunidades ha sido siempre un objeto de atención de gran importancia dentro de la ecología, y hacer un seguimiento de la evolución de estas comunidades y su ensamblaje en un ecosistema en nacimiento y evolución llama aún más el interés. Esto es debido a que en pocas ocasiones tendremos la oportunidad de estudiar ecosistemas y comunidades que surgen prácticamente desde cero y nos permite saber, no solo datos sobre las comunidades, si no el porqué de su nacimiento y maduración. Esto es posible debido a que la zona elegida para el estudio sufrió un grave incendio en junio de 2017 (Informe ejecutivo del incendio de 'Las Peñuelas', 2017) y las comunidades establecidas con anterioridad desaparecieron en su parte aérea, teniendo que resurgir y creando nuevos ensamblajes.

A la hora del establecimiento de estas comunidades, los factores bióticos y abióticos sirven como filtro (Chozas, 2017) que permiten la diferenciación en distintas comunidades según lo competidoras que sean las especies y la cantidad de recursos que haya en el sistema. Es habitual ver que especies más competidoras desplazan a aquellas que son competidoras más débiles (Conti, 2017), de forma que podremos observar en ambientes más estresantes una menor diversidad, con especies más adaptadas priorizando la cobertura.

De esta forma y si conocemos la importancia, requerimientos y exigencias de dichas especies (Díaz-Barradas, 1999a) podremos tener información sobre la función de las distintas especies en el ecosistema. Además, estudiar estas especies, nos brindará conocimiento para estimar cómo interactúan y responden a distintos nichos en el ecosistema, dando información sobre los requerimientos de las especies o comunidades (Chozas, 2017) y, en última instancia, de las presiones bióticas que se establecen entre individuos debido a las diferentes interacciones. Esto es la base de la biodiversidad funcional, que determina que una especie es un conjunto de individuos con unas características fenotípicas y comportamentales que les permiten establecerse y relacionarse con otras especies dentro de un nicho (Chozas, 2017; Fukami, 2004). Por esto mismo, para el estudio, se seleccionaron las especies más significativas dentro de la vegetación de la zona de estudio (Díaz-Barradas, 1999a; Zunzunegui, 2005).

Nuestra hipótesis es que en las distintas zonas el ensamblaje poblacional será distinto debido a las diferentes características del medio, debido a que Chozas et al. en 2017 determinó que el ensamblaje de las comunidades depende de la aridez y cantidad de nutrientes que se presentan en el medio.

El objetivo de este estudio es la determinación y seguimiento del ensamblaje de comunidades en un gradiente de aridez en las costas onubenses del Médano del Asperillo. El muestro se realizó desde la costa hacia el interior para determinar si (1) las comunidades se establecen de forma distinta, (2) si las características de las plantas cambian a lo largo del gradiente y (3) estudiar las distintas interacciones que se establecen entre las distintas especies con distintas características del medio.

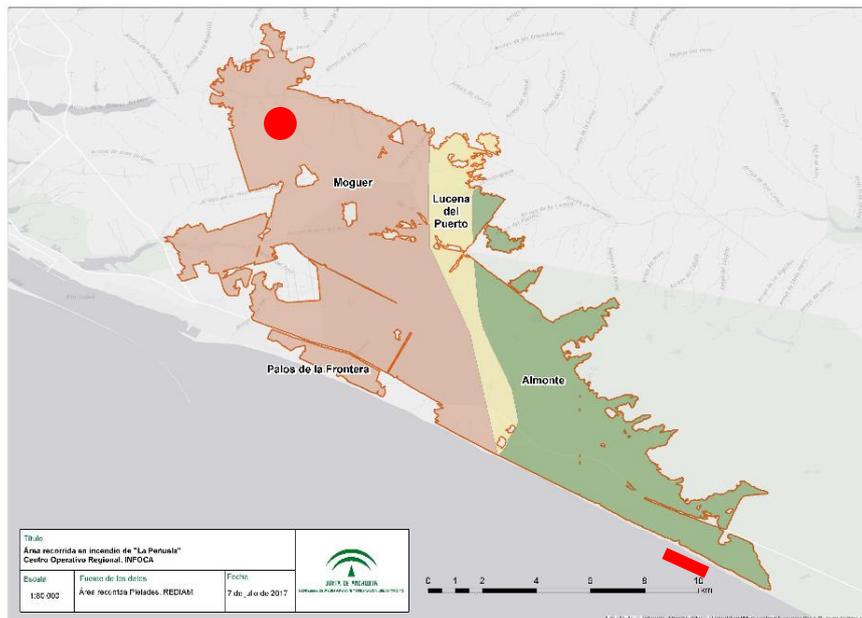
## **Materiales y métodos**

### **Zona de estudio**

El Médano del Asperillo es una zona de la costa de Huelva situada entre las poblaciones de Matalascañas y Mazagón, dentro del territorio protegido del Parque Natural de Doñana. La zona se compone de un sistema de dunas fósiles a lo largo de la costa que

abarca unas 12 hectáreas en total con una elevación máxima de 100 metros terminando en un acantilado en la costa, el Monumento Natural Acantilado del Asperillo.

El 24 de junio de 2017 comienza en esta zona un grave incendio que se dio por controlado la mañana del 27 de junio del mismo año tras 60 horas de trabajo. El incendio afectó a una superficie total de unas 10900 ha, arrasando los pinares y matorrales del Asperillo y el Abalarío, sobre todo a la parte más al oeste (Figura 1). (Informe ejecutivo del incendio de 'Las Peñuelas', 2017).



**Figura 1:** mapa del área afectada por el incendio de 2017. Se observa como el incendio comienza en la parte occidental y avanza debido al viento de aquellos días hacia el este. Marcado con una línea roja sobre el mapa la zona de estudio, claramente afectada por el incendio. El círculo rojo corresponde con la zona de inicio del incendio. (Informe ejecutivo del incendio de 'Las Pañuelas', 2017).

El sendero de cuesta Maneli, desde la zona de aparcamiento hasta la costa hay una pasarela de madera de 1300 metros que nos permite recorrer con facilidad el médano del Asperillo y nos ayudó a la disposición y realización del muestreo. Seguimos la línea establecida por dicho sendero para establecer las 3 zonas de estudio: zona de costa, zona intermedia y zona interior.

## Muestreo

Como se ha especificado en el punto anterior, se diferenciaron tres zonas: zona de costa, zona intermedia y zona interior. La zona interior ( $37^{\circ}04'41,86''N$ ,  $6^{\circ}41'17,40''O$ ) es la

que se encuentra más cercana a la zona de aparcamiento y más alejada de la influencia marina. La zona media es una zona más deprimida ( $37^{\circ}04'31.95''N$ ,  $6^{\circ}41'19,52''O$ ) y en ella se encuentran mayor cantidad de materia orgánica en el suelo. Por último, y más cercano al mar, se estableció la zona de costa ( $37^{\circ}04'17,45''N$ ,  $6^{\circ}41'18,26''O$ ).

En cada una de las zonas se realizaron transectos de 200 metros de forma paralela a la costa, para eliminar el gradiente que la distancia a la costa podría ocasionar (humedad, salinidad...). En las zonas de costa e interior los transectos se completaron con 2 de 100 metros debido a la orografía, se querían evitar posibles gradientes de altitud; y en la zona media, una zona más llana, se realizó un único trayecto de 200 metros (Fig. 2)



**Figura 2: vista aérea (Google Earth) de los transectos y zonas.** Los transectos se situaron a ambos lados de la pasarela en las zonas más llanas para evitar posibles gradientes en las comunidades debido al cambio de altitud. Los transectos se hicieron en paralelo a la línea de costa.

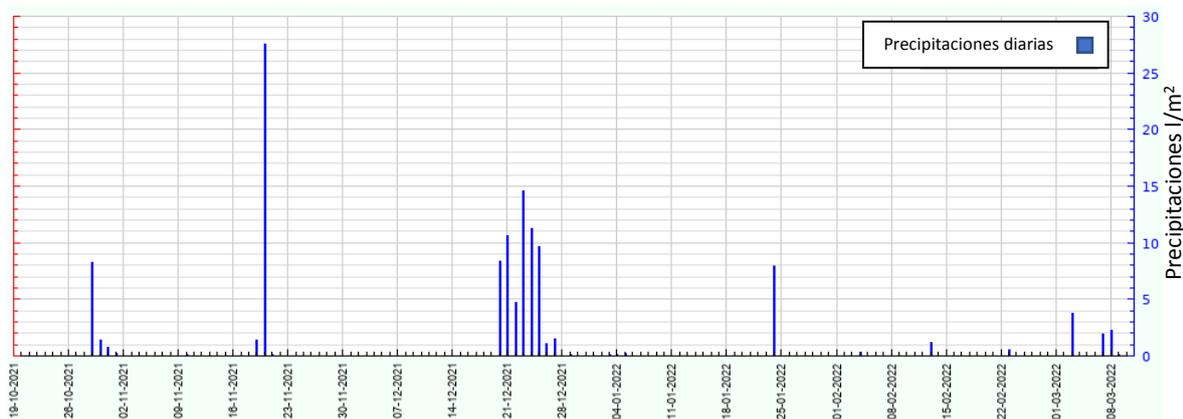
A lo largo de los transectos se registraron cada 50 centímetros las especies presentes en dicho punto, además de la presencia de materia orgánica depositada en el suelo o herbáceas. En caso de no encontrar ninguna de las anteriores el punto se marcaría como 'suelo descubierto'. En total se recogieron 400 puntos por cada una de las zonas. Además, cada 100 metros se midió la humedad del suelo. SM 150 Soil Moisture Kit,  $\Delta T$ , Inglaterra.

Para medir el estado y características de la vegetación de las distintas zonas se tomaron muestras de las hojas de diferentes especies en las tres ubicaciones. De cada especie se

tomaron muestras de 5 individuos distintos. Las especies fueron las siguientes: *Corema álbum*, *Halimuim halimifolium*, *H. calycinum*, *Cistus salvifolius*, *Stauracanthus genistoide*, *Cytisus grandiflorus*, *Osyris lanceolata* y *Salvia rosmarinus*. En el caso de *H. halimifolium* el muestreo se realizó dos veces dando por validos únicamente los datos del segundo muestreo pues en el primero, debido a la escasez de lluvias en el otoño de 2021 las plantas no arrojaron datos concluyentes. Los muestreos comenzaron el 19 de noviembre de 2021 y la última muestra, tras algunos periodos de lluvias, aunque escasos, se tomó el 10 de marzo de 2022. Estas especies son aquellas que son más importantes dentro de la vegetación de la zona de estudio (Díaz-Barradas, 1999a; Zunzunegui, 2005) y por ello fueron las seleccionadas.

Además, de cada uno de los pies de los que se tomaron las muestras para el laboratorio se midieron la altura, el diámetro mayor y el menor con una cinta métrica para poder estimar su área y volumen.

Durante el periodo de muestro las precipitaciones fueron escasas o prácticamente nulas (figura 3), de forma que esto puede hacer que las características de las plantas varíen algo si las muestras se toman en otro momento del año o bien durante periodos menos secos en años venideros.



**Figura 3: Precipitaciones en la zona de estudio.** Datos recogidos sobre las precipitaciones desde el 19/10/2021 (un mes antes del primer muestreo) hasta el 10/03/2022 (último muestreo). Datos ofrecidos por la estación meteorológica de Moguer (población cercana a la zona) y facilitada por AEMET.

## Procesamiento de muestras

### Atributos

Para las especies anteriormente nombradas se tomaron datos in situ de los diferentes pies: altura, diámetro mayor y diámetro menor. Con estos datos pudimos estimar el área de la mata y su volumen.

$$\text{Área} = \frac{DM}{2} * \frac{Dm}{2} * \pi \qquad \text{Volumen} = \frac{4\pi}{3} * h * DM * Dm$$

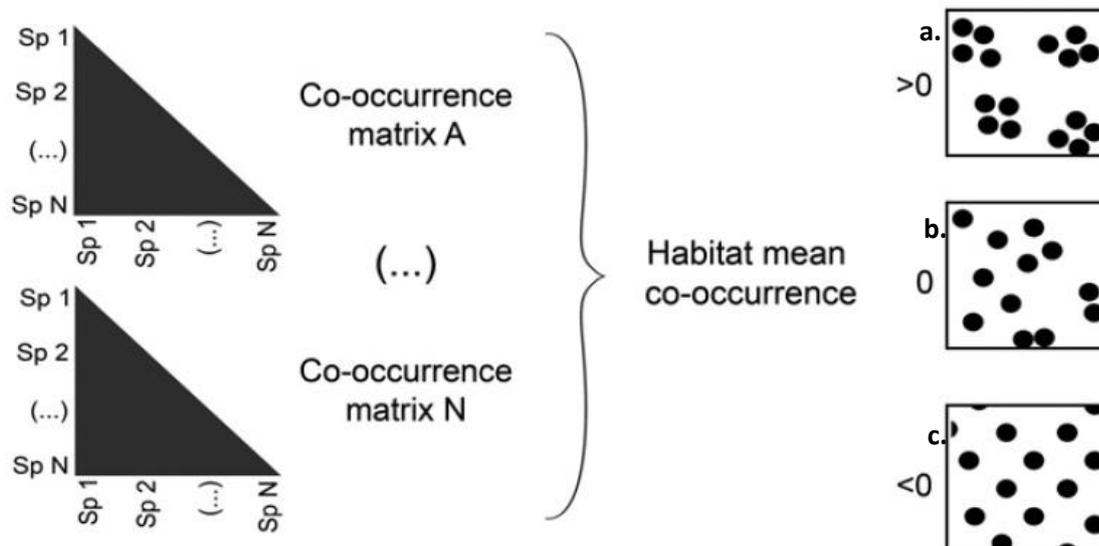
**Ecuaciones 1:** ecuaciones para el cálculo de área y volumen. DM = diámetro mayor, Dm = diámetro menor, h = altura

De cada una de las matas elegidas para el muestreo, se tomaron las muestras para el posterior análisis en el laboratorio. Fueron guardadas en bolsas herméticas de forma individual marcadas para su identificación. El marcaje consistía en la inicial de cada una de las zonas para saber de dónde provenían (i: interior, m: zona media, c: costa) y un número que identificaba la planta (Ej: la muestra m4 se refiere a la mata 4 de la zona media). Las especies no se especificaban en el marcaje de las bolsas ya que a visu se diferenciaban con claridad.

### Transectos

En el trabajo de campo, en tablas donde se encontraban todas las especies que podían estar presentes, se fue marcando la presencia o no de las especies que encontrábamos en cada punto. En caso de que no hubiese ninguna se marcó como 'suelo descubierto'.

En el posterior análisis de los datos, se agruparon las muestras en subtransectos de 10 metros (20 muestras por transecto agrupando 20 puntos), 20 metros (10 muestras por transecto agrupando 40 puntos) y 40 metros (5 muestras por transecto agrupando 80 puntos), para ver las asociaciones a diferentes escalas. Tras tener las agrupaciones hechas, se hizo un estudio de correlación de las distintas tablas (3 por transecto: de 10, 20 y 40 metros, un total de 9 tablas) para establecer las relaciones que establecen las distintas especies. Si el coeficiente de correlación (r) fuese >0, significaría que las especies se encuentran agregadas entre ellas. Si r=0 significaría que no había asociación aparente entre ambas especies y la distribución se daría al azar. Si r<0 significaría una segregación de dichas especies, no soliendo aparecer una cuando se presenta la otra o viceversa (Figura 4) (Conti, 2017).



**Figura 4: Representación gráfica de las distintas relaciones que podríamos encontrar entre las especies.** A la izquierda podemos ver la matriz de correlación entre las distintas especies, tres por zona con distinta longitud de los transectos: 10, 20 y 40 metros, de las zonas interior, media y de costa. En **a.** vemos como con en  $r > 0$  los individuos se presentarían de forma agrupada y normalmente encontrándose juntos. En **b.** vemos como con en  $r = 0$  los individuos se distribuirían de forma azarosa sin presentar ninguna relación aparente. En **c.** vemos como con en  $r < 0$  los individuos se presentarían evitando estar juntos. Estas representaciones aplicarían no solo para especies, sino que también para los parámetros 'herbáceas', 'materia orgánica' y 'suelo descubierto'. (Conti, 2017)

Los datos de los transectos de 2022 se compararon con los de 2021 para observar la evolución de las zonas después de un año. Los datos de 2021 se tomaron siguiendo la misma metodología y en las mismas zonas, con coordenadas muy similares. De esta forma, el estudio de la evolución de las asociaciones y coberturas es más fiel a la realidad.

### Atributos de las especies

Tras recoger las muestras en el campo, se almacenaron en bolsas individuales herméticas con unas gotas de agua para que no se deteriorasen. Al llegar al laboratorio se midió su área foliar gracias a la aplicación para dispositivos móviles Easy Leaf Area Free (v.1.02). Dicho programa permite la medición del área foliar con gran precisión y de una forma fácil y fiable gracias a la posibilidad que ofrece de cambiar parámetros colorimétricos. Se tomaron como muestra 10 hojas por planta, y de especies como *Stauracanthus genistoide*, *Corema album* y *Cytisus grandiflorus* se tomaron tallos de entre 3-4 cm que se aplastaron con una lámina de metacrilato para disponer de toda el área fotosintética en el mismo plano.

Una vez analizada el área de cada pie, con cuidado de no perder materia orgánica, se separaron las partes fotosintéticas de las que no y se guardaron de nuevo en bolsas

herméticas con unas gotas de agua durante 24 horas a lo sumo, para evitar podredumbre y la aparición de hongos. Se almacenaron en nevera a 5°C y en oscuridad, de esta forma se evita que las hojas muestra realicen la fotosíntesis en este periodo y permanezcan en un estado similar al de la recolección. (Helsen, 2021)

Tras este tiempo, las hojas o partes fotosintéticas habrán alcanzado su máximo de turgencia y entonces serán pesadas en una balanza analítica para obtener el peso en turgencia. Antes de pesar se deben secar con cuidado en un papel absorbente para retirar la humedad y agua que puedan tener las hojas en el exterior. Una vez pesadas se depositaron las muestras en sobres de papel y se dejaron en la estufa a 75°C durante 24 horas y luego entre 8 y 16 horas más dentro de la estufa apagada para que se terminen de secar y enfriar en un ambiente seco, de esta forma evitamos que las muestras, una vez secas, puedan volver a coger humedad del ambiente. Una vez se retiran de la estufa se pesan una vez más para obtener el peso seco. (Helsen, 2021)

Con los datos obtenidos y medidos de las distintas plantas en el campo se calcularon varios parámetros para la comparación de muestras y zonas. Se calcularon las dimensiones de cada pie (volumen y el área de las matas) gracias a las medidas hechas en el campo. Con los datos de laboratorio se calcularon el 'leaf mass per area' (LMA) y el 'leaf dry matter content' (LDMC) (Ecuaciones 2) (Helsen, 2021).

$$LMA = \frac{ps}{sf} * 10000 \quad LDMC = \frac{ps}{pt} * 1000$$

**Ecuaciones 2:** ecuaciones para el cálculo de LMA y LDMC. Ps = peso seco, sf = superficie foliar, pt = peso turgencia.

### **Atributos por parcela**

Para finalizar, se tomaron los datos de todas las especies analizadas y se multiplicó con una matriz de los datos de los transecto para obtener una nueva matriz que representase los atributos por transecto. Las parcelas elegidas de los transecto fueron de 40 metros, ya que supone agrupaciones más grandes de individuos y por lo tanto datos más estables y con menos error.

Para el análisis multivariante se tuvieron en cuenta las variables: área de la mata, altura, LMA, LDMC y el área foliar. Este último dato se pudo introducir gracias a que el número de hojas tomadas fue constante en todas las especies durante el muestreo, 10 hojas.

## **Análisis de datos y estadísticos**

Los programas utilizados para el análisis estadístico de los datos, así como para su representación fueron IBM SPSS Statistics (v.25) para el estudio de correlación de las especies en los transectos, PRIMER (v.6) para el estudio de similitud de las distintas zonas y años y su representación en forma de dendrogramas o escalamiento multidimensional (NMDS). Para la representación de las distintas relaciones que se establecen entre las especies se utilizó UCINET (v. 7.725) con ajustes en Adobe Photoshop 2021 (Ps).

## **Resultados**

### **Datos edafológicos**

Durante el año 2021 se tomaron muestras de suelo en las distintas zonas para el análisis de las características del suelo, incluyendo nutrientes, humedad, composición, características y textura. Las muestras fueron analizadas por el servicio de edafología del IRNAS, CSIC (Tabla 1). Se observa con claridad que la zona media presenta niveles más altos en la gran mayoría de elementos, coincidiendo con que es la zona con mayor depósito de cenizas y elementos calcinados, además de una zona que se encuentra en una pequeña depresión.

**Tabla 1: conjunto de tablas de características del suelo.** Se observa una diferencia entre las distintas zonas en composición nutricional, destacando la zona media por tener los datos más altos de nutrientes.

<b>Tabla 1.1</b>	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Arena gruesa (%)</b>	<b>Limo (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>Clase Textural</b>	<b>Humedad (sobre peso húmedo) (%)</b>	<b>pH (Ext 1:2.5)</b>	<b>CE (Ext 1:5) (mS/cm)</b>
Costa 1	2,60	97,4	0,00	0,00	Arenosa	0,4	6,81	0,041
Costa 2	0,60	99,4	0,00	0,00	Arenosa	0,2	6,82	0,012
Zona media 1	1,20	96,6	2,10	0,00	Arenosa	1,7	6,44	0,033
Zona media 2	0,80	99,2	0,00	0,00	Arenosa	0,5	6,04	0,014
Interior 1	2,40	97,6	0,00	0,00	Arenosa	0,4	6,49	0,006
Interior 2	1,00	99,0	0,00	0,00	Arenosa	0,2	6,45	0,018

<b>Tabla 1.2</b>	<b>Carbono orgánico (%)</b>	<b>Materia orgánica (%)</b>	<b>Nitrógeno Kjeldahl (%)</b>	<b>Fósforo Olsen (mg/kg)</b>	<b>Potasio disponible (mg/kg)</b>	<b>Calcio disponible (mg/kg)</b>	<b>Magnesio disponible (mg/kg)</b>
Costa 1	0,200	0,34	0,008	1,1	25,4	103	30,1
Costa 2	0,213	0,37	0,005	1,2	12,3	59,5	20,4
Zona media 1	3,07	5,29	0,185	7,9	52,2	1436	234
Zona media 2	0,941	1,62	0,046	1,6	33,6	377	92,4
Interior 1	0,091	0,16	0,012	<1	23,8	108	27,4
Interior 2	0,566	0,98	0,034	1,4	34,0	229	59,2

<b>Tabla 1.3</b>	<b>Al mg/Kg</b>	<b>As mg/Kg</b>	<b>B mg/Kg</b>	<b>Ba mg/Kg</b>	<b>Ca mg/Kg</b>	<b>Cd mg/Kg</b>	<b>Co mg/Kg</b>	<b>Cr mg/Kg</b>
Costa 1	2703,401	2,768	1,629	5,253	364,414	0,021	0,011	4,299
Costa 2	2704,092	5,007	1,078	5,924	289,924	0,011	-0,028	4,396
Zona media 1	3973,986	3,338	2,097	20,163	2277,715	0,260	0,330	5,984
Zona media 2	2774,417	4,371	1,103	6,645	771,633	0,007	-0,025	4,574
Interior 1	3512,008	2,988	0,237	8,273	843,383	-0,028	0,282	5,983
Interior 2	2648,281	3,170	0,471	5,688	649,548	-0,014	0,054	4,474

<b>Tabla 1.4</b>	<b>Cu mg/Kg</b>	<b>Fe mg/Kg</b>	<b>K mg/Kg</b>	<b>Li mg/Kg</b>	<b>Mg mg/Kg</b>	<b>Mn mg/Kg</b>	<b>Na mg/Kg</b>
Costa 1	5,465	4130,791	325,454	2,341	332,098	45,638	28,046
Costa 2	3,431	3892,094	347,079	2,328	300,532	30,268	27,713
Zona media 1	24,013	5348,338	598,843	3,015	732,226	311,528	53,538
Zona media 2	7,277	4313,250	378,245	2,435	407,431	107,884	31,115
Interior 1	4,376	7358,938	354,361	2,702	386,361	75,472	30,051
Interior 2	3,836	4495,398	295,975	2,249	358,468	58,989	27,912

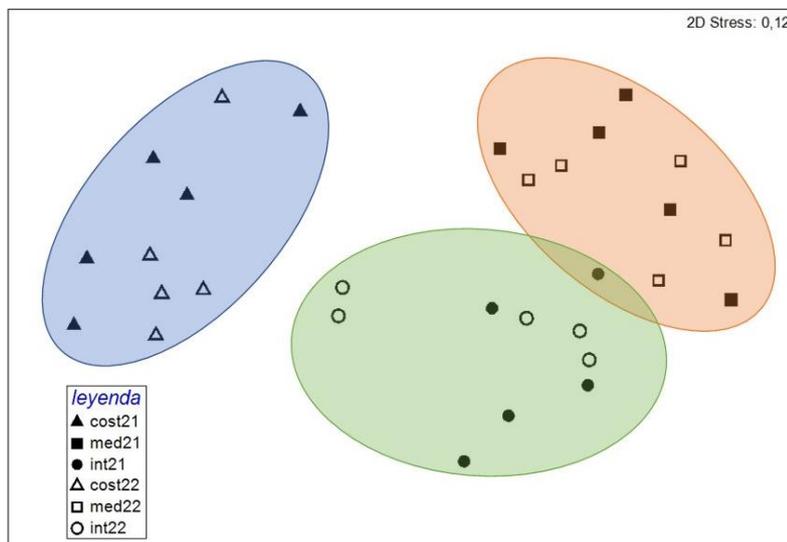
<b>Tabla 1.5</b>	<b>Ni mg/Kg</b>	<b>P mg/Kg</b>	<b>Pb mg/Kg</b>	<b>S mg/Kg</b>	<b>Sr mg/Kg</b>	<b>V mg/Kg</b>	<b>Zn mg/Kg</b>
Costa 1	1,917	41,703	3,506	11,686	3,241	6,019	6,871
Costa 2	1,939	38,117	2,501	3,918	3,411	5,746	6,609
Zona media 1	2,983	115,685	10,328	104,425	11,907	9,339	23,572
Zona media 2	1,674	51,473	4,286	35,486	5,617	7,333	10,639
Interior 1	2,677	43,289	2,952	7,850	6,543	12,702	8,769
Interior 2	1,733	43,902	2,753	13,456	4,529	7,320	8,164

## Cobertura

Los datos representados en la Figura 5 resultan del análisis de las coberturas de ambos años a una escala de 40 metros, por eso hay 5 puntos por año y zona.

En el análisis de NMDS se representa la posición de las parcelas en el plano definido por los ejes I y II. Como podemos observar las zonas han cambiado poco a lo largo de un año, únicamente la zona interior (int) presenta más diferencia entre los puntos de los años 2021 y 2022.

También es clara la diferenciación entre las zonas en ambos años, siendo más próximas la zona media (med) y el interior (int) entre sí y, por tanto, con una cobertura de especies más parecidas.



**Figura 5:** NMDS de la cobertura de las especies en las distintas zonas de los años 2021 y 2022. Las formas rellenas son los puntos del año 2021 y las formas blancas son los puntos del año 2022. Los triángulos representan la costa (cost), los cuadrados la zona media (med) y los círculos la zona interior (int). Las tres agrupaciones de color ayudan a diferenciar las tres zonas. Las zonas se encuentran claramente diferenciadas. La zona interior y media presentan un cierto solapamiento mientras que la que más se diferencia es zona de costa.

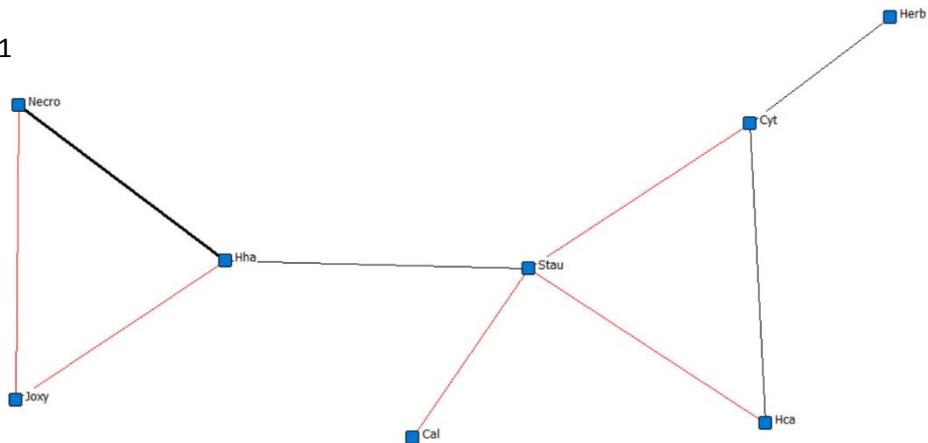
## Redes de interacción interespecíficas

Para la representación de las redes, primero, mediante IBM SPSS se hizo un estudio de correlación entre las parejas de todas las especies a las tres escalas (10, 20 y 40 metros) por cada una de las zonas y en ambos años, un total de 18 estudios. Una vez estuvieron todos los resultados analizados, en Excel, se seleccionaron aquellos que cuyo coeficiente de correlación

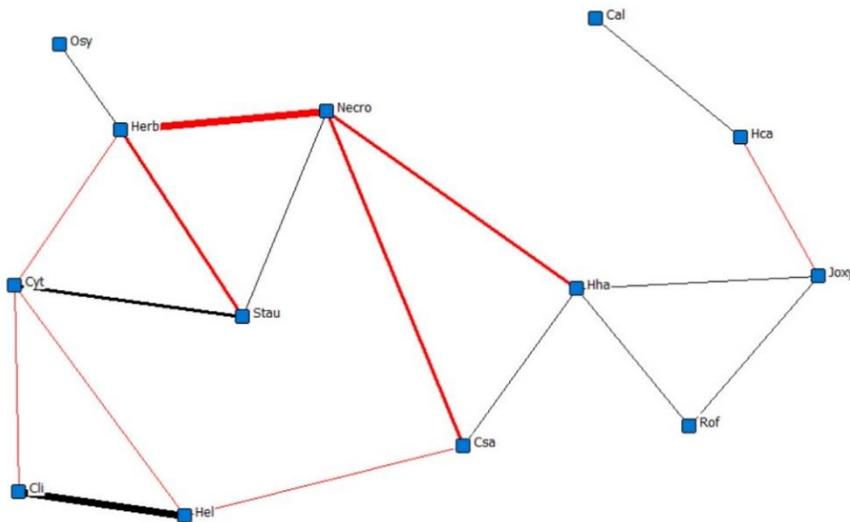
(r) fuese  $>0.6$  e, independientemente de su valor de correlación, aquellas parejas cuyo nivel de significación ( $\alpha$ ) fuese  $< 0.05$  y  $<0.01$ .

Se hicieron entonces tablas simplificadas (Anexo 1) que representaban únicamente las interacciones entre las parejas de especies que mostraban datos dentro de alguno de los casos anteriores y se representaron gráficamente mediante UCINET, programa que nos permite crear redes de interacción, aunque fueron requeridos algunos retoques en Photoshop (Figura 6).

A. Costa 2021

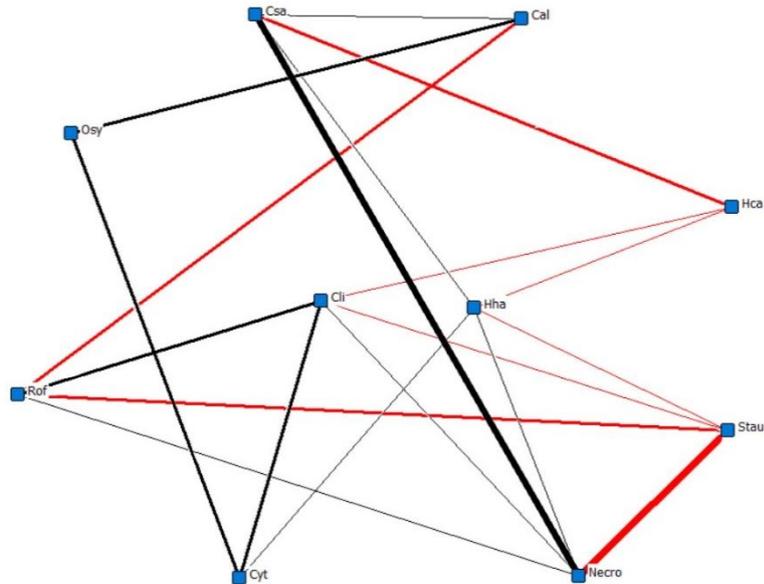


B. Zona media 2021





## F. Interior 2022

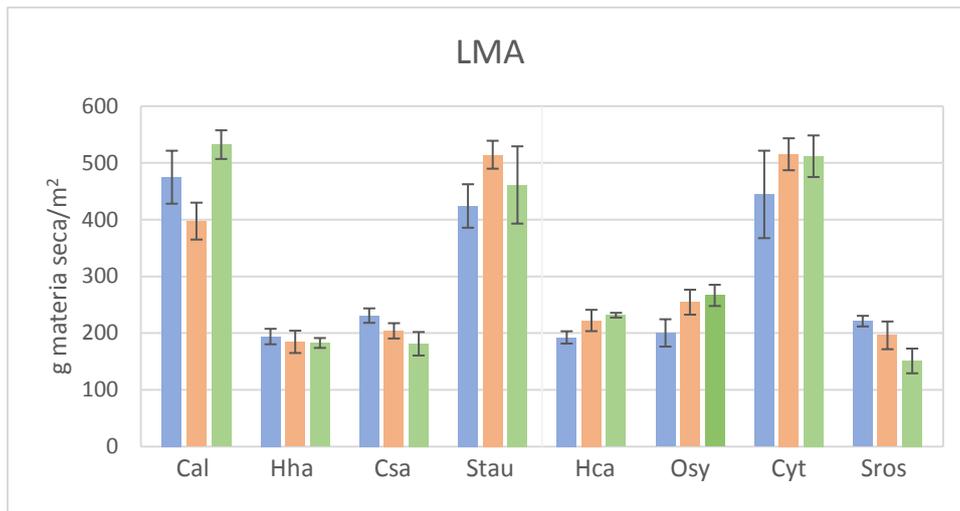


**Figura 6:** Redes de interacciones en los distintos años y zonas. **A:** Costa 2021, **B:** Costa 2022, **C:** Zona media 2021, **D:** Zona media 2022, **E:** Interior 2021, **F:** Interior 2022. Las líneas negras representan una correlación positiva, es decir, donde se encuentra una especie es probable encontrar la segunda. Las líneas rojas representan una correlación negativa, es decir, donde encontramos las primeras especies es poco probable no encontrar la segunda. Las especies no unidas no presentaban una clara correlación, por lo que aparecían indistintamente en presencia de la otra. Dependiendo del grosor tenemos: líneas finas:  $r > 0.6$ ; líneas medias:  $\alpha < 0.05$ ; líneas gruesas:  $\alpha < 0.01$ .

Se observa en la Figura 6 como en 2022 las interacciones son más numerosas y, además, más intensas y conforme nos alejamos de la costa ocurre lo mismo, en la costa las interacciones son más escasas que en las zonas más interiores.

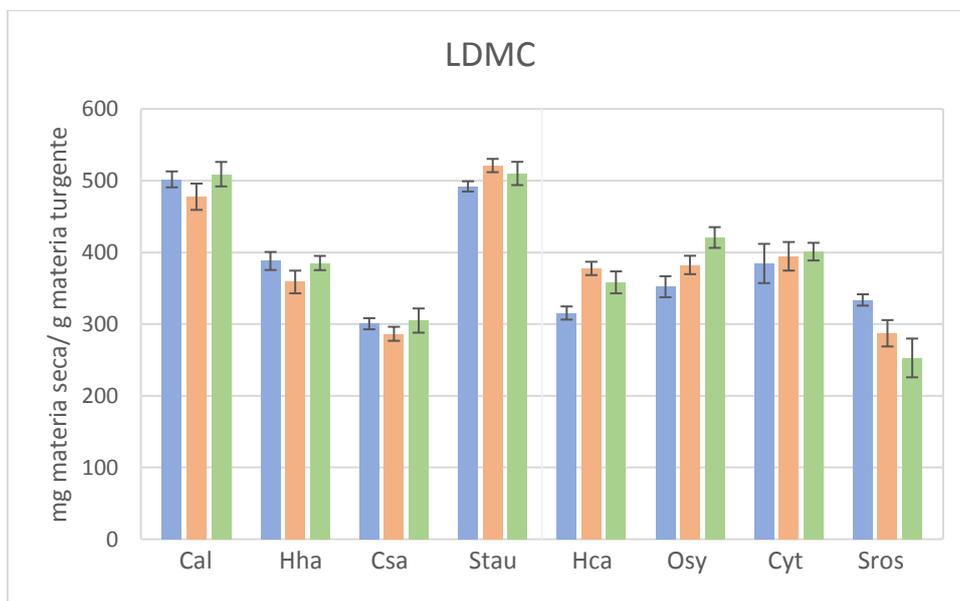
### Atributos de las hojas: LMA y LDMC

El LMA (leaf mass per area) nos permite conocer la cantidad de materia orgánica que hay por superficie de hoja, en otras palabras, lo gruesa y resistente que es una hoja. Dependiendo de las especies y las zonas observamos que los valores son distintos (Figura 7).



**Figura 7: LMA de especies por zona.** Azul: zona de costa, Rojo: zona media, Verde: zona interior. Cal: *Corema álbum*, Hha: *Halimuim halimifolium*, Csa: *Cistus salvifolius*, Stau: *Stauracanthus genistoides*, Hca: *Halimuim calycinum*, Osy: *Osyris lanceolata*, Cyt: *Cytisus grandiflorus*, Sros: *Salvia rosmarinus*. Se observa como los valores de Cal, Stau y Cyt son bastante superiores a los de las otras especies.

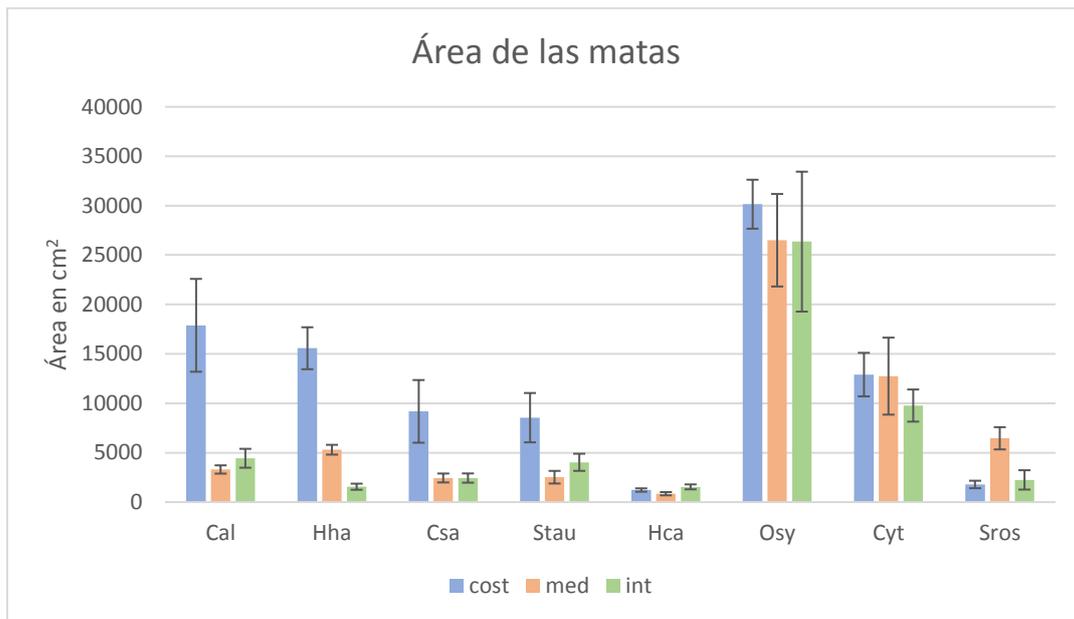
El LDMC (Leaf Dry Matter Content) es la relación que existe entre las muestras de hoja en turgencia y después de haberlas desecado. Nos permite saber el contenido en materia seca de cada una de las plantas y está relacionado con la fertilidad, siendo valores más pequeños en aquellas especies que más agua acumulan en sus hojas (Figura 8).



**Figura 8: LDMC de especies por zona.** Azul: zona de costa, Rojo: zona media, Verde: zona interior. Cal: *Corema álbum*, Hha: *Halimuim halimifolium*, Csa: *Cistus salvifolius*, Stau: *Stauracanthus genistoides*, Hca: *Halimuim calycinum*, Osy: *Osyris lanceolata*, Cyt: *Cytisus grandiflorus*, Sros: *Salvia rosmarinus*. Se observa como los valores de Cal y Stau son superiores a los de las otras especies y los más bajos son de Csa y Sros.

## Área de las matas

En algunas especies la superficie de la mata presentaba variaciones significativas entre las distintas zonas de estudio, como es el caso de *C. album*, *H. halimifolium*, *C. salvifolius* o *S. genistoides*. *O. lanceolata* presenta individuos de mucho mayor tamaño en todas las zonas (Figura 9).

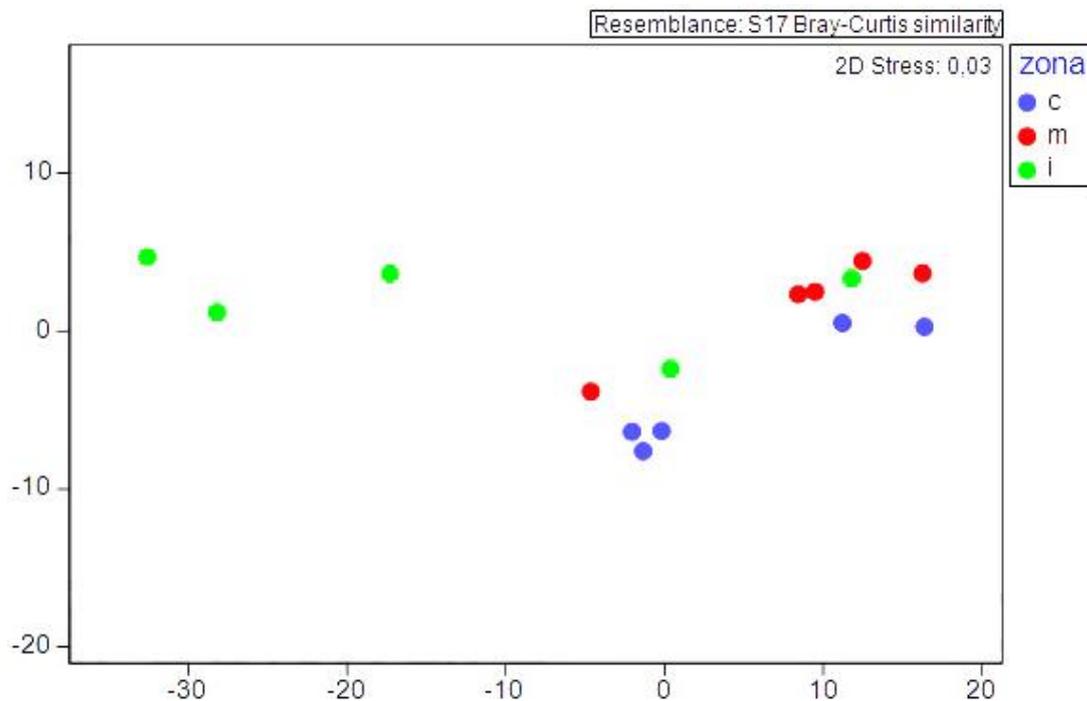


**Figura 9: Tamaño de las matas.** Azul: zona de costa, Rojo: zona media, Verde: zona interior. Cal: *Corema álbum*, Hha: *Halimuim halimifolium*, Csa: *Cistus salvifolius*, Stau: *Stauracanthus genistoide*, Hca: *Halimuim calycinum*, Osy: *Osyris lanceolata*, Cyt: *Cytisus grandiflorus*, Sros: *Salvia rosmarinus*. Se puede ver como en zona de costa las matas tienden a ser mayores que en el resto de zonas, a excepción de Sros.

## Atributos por parcela

Con los datos de las características de las distintas especies y los datos de cobertura a una escala de parcelas de 40 metros se hicieron dos matrices de datos que se multiplicaron para obtener una tercera matriz que representaba atributos por parcela, eliminando las especies de la ecuación. Los atributos elegidos fueron las coberturas de las matas (como parámetro para la horizontalidad), la altura de las mismas (como parámetro para la verticalidad), la superficie foliar por hoja de cada especie, LMA y LDMC. Con esta matriz

realizada en Excel se realizó un NMDS para ver si la distribución de los atributos variaba entre las tres zonas de estudio (Figura 10).



**Figura 10:** Similitud de atributos/parcela. **c (azul):** atributos/ parcela zona de costa, **m (rojo):** atributos/ parcela zona media, **i (verde):** atributos/ parcela zona interior. Se observan tras agrupaciones no muy distintivas de las tres zonas estudiadas, habiendo más similitud entre la agrupación donde predominan los datos de costa y la agrupación donde predominan datos de la zona media.

## Discusión

Los resultados de este estudio ponen en evidencia que la comunidad arbustiva del Asperillo se ha recuperado tras el incendio y, aunque las especies sean prácticamente las mismas, existen diferencias entre las comunidades de las tres zonas de estudio.

### **Cobertura y diferencia entre las zonas**

Los datos representados en la Figura 5 resultan del análisis de las coberturas de ambos años a una escala de 40 metros, por eso hay 5 puntos por año y zona. Después de varias comprobaciones, se estimó que esta escala era la óptima para la representación que las agrupaciones eran lo suficientemente grandes para tener datos más representativos y aun nos dejaba un margen de 5 puntos por zona y año para la representación gráfica, suficientes para observar agrupaciones en el NMDS.

Como se observa en la figura 5, existe una clara diferencia entre las tres zonas de estudio, aunque la zona interior y media se parecen más entre ellas. La zona de costa es quizás la más húmeda e inestable debido que se encuentra sujeta directamente los vientos que entran desde el océano y por tanto se diferencia más de las otras dos zonas. A simple vista a la hora del muestro, también se observa con claridad que la vegetación y su distribución es claramente diferente a las otras dos zonas de interior.

La zona media e interior no tienen tanta influencia de la humedad del océano y por tanto se parecen más entre ellas. Es posible que su diferencia se deba a que la zona media tiene mayor fertilidad del suelo como podemos diferenciar en las tablas 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5. El motivo de estos valores es que la zona media es una zona de depresión, donde se han acumulado las cenizas y restos orgánicos y donde el viento no abate con tanta fuerza. Esto ha hecho que se creen unos depósitos que diferencian las características edafológicas del suelo, permitiendo interacciones diferentes de las establecidas en la zona interior.

En general en las tres zonas, con respecto al año pasado la estructura de la comunidad se mantiene, viéndose los datos con una distribución homogénea en la figura 5. Sin embargo, si se ve una cierta evolución en el interior, donde los puntos parecen separarse de los del año 2021.

### **Interacciones interespecíficas**

Las zonas de costa son las que menos interacciones presentan (Figuras 6.A y 5.D) debido a que en ellas se presentan menos especies y con una diversidad menor, *Halimuim halimifolium* y *Corema álbum* predominaban en la zona. Además, es un entorno mucho más estresante y exigente, sin tanta cantidad de nutrientes, lo que hace que las especies más competitivas y adaptadas sean las que predominen (Conti, 2017; Chozas, 2017). Además, las redes confirman otras de las observaciones: existen zonas donde *C. álbum* es más abundante y otras donde solo encontramos *H. halimifolium*. Si nos fijamos, estas dos especies presentan una correlación negativa con las otras especies, desplazándolas y estableciendo manchas para minimizar la competencia, observado también en el estudio de Conti et al. 2017. Debido a esta segregación y a la baja competencia, las matas de las especies predominantes en esta zona son de mucho mayor tamaño que en las zonas media e interior ya que crecen con mayor

libertad y sin tanto estrés biótico dado por la competencia con otras especies por ellos recursos o el territorio a ocupar.

Estudios anteriores han demostrado que *H. halimifolium* es una especie muy plástica y oportunista, mientras que *C. álbum* es eminentemente tolerante al estrés, por ese motivo parece que *H. halimifolium* pueda estar compitiendo con *C. álbum* aprovechando nichos vacíos y desplazándola de su hábitat (Díaz-Barradas, 1999b).

En la zona media e interior, el número de interacciones aumenta y además las interacciones parecen ser más intensas. Esto se puede explicar relacionándolo con la cantidad de nutrientes que existen en estos sustratos, además de encontrarse en zonas donde el estrés abiótico puede ser menor. De esta forma las plantas no se encuentran en un medio donde no hay tantos factores limitantes nutricionales y comienzan a establecer relaciones, bien de facilitación o algún grado de simbiosis o parasitismo (relaciones establecidas en negro en la figura 6) o bien de competitividad, evitándose las distintas especies al intentar evitar la competencia para poder desarrollarse con mayor facilidad (interacciones en rojo de la figura 6). A mayor contenido de nutrientes en el medio, la competencia que se establece entre las distintas especies aumenta, debido a que todas tienen el potencial de desarrollarse en estas zonas (no como en la zona de costa). Este puede ser el motivo por el que las matas disminuyen drásticamente su tamaño en la zona media e interior (Figura 9), debido a la falta de desarrollo por el estrés biótico dado por la competencia entre las especies presentes. La zona de costa era una zona con manchas de diferentes especies y más homogénea, mientras que la zona media e interior son mucho más heterogéneas, donde las especies aún no se han distribuido para minimizar la competición (Conti, 2017).

En adición, antes del incendio, en la zona de estudio predominaba *P. pinea* (Zunzunegui, 2005). La desaparición de esta especie (que no ha resurgido, aunque ya en la zona de la costa se ven algunas plántulas) ha permitido la aparición y entrada en competición de otras especies.

Además, también es claro que en el año 2022 existen mayor cantidad de interacciones y más intensas. Esto puede ser debido a que el sistema aún se está desarrollando, las comunidades aún están madurando y su ensamblaje y relaciones aun no son definitivos. A pesar de que a lo largo de los últimos 5 años el desarrollo de la zona después del incendio ha

sido rápido, no es tiempo suficiente para la estabilización de las comunidades que se están creando. Por eso veo necesario continuar con estudios en la zona de forma periódica, ya que esto además arrojaría datos sobre recuperación de ecosistemas parecidos al muestreo, así como de la estabilización de la sucesión de ecosistemas en evolución.

Por último, un detalle interesante es el caso de *Osyris lanceolata*, una especie hemiparásita que antes del incendio parasitaba pinos piñoneros (*Pinus pinea*) y se especulaba que podría no volver a salir debido a que necesita de las raíces de esta especie para obtener el agua mediante una especie de haustorios. En recientes estudios (Mugula, 2021) se ha conocido que es una planta que no solo parasita a esta especie, sino que hay una batería de unas 440 especies a las que puede parasitar. Actualmente encontramos los pies de *O. lanceolata* cerca de antiguos troncos de Pinos calcinados. Al ser rebotadora, las matas sobrevivieron al incendio, quedando cerca de *P. pinea*, pero, tras su nuevo desarrollo, han podido establecer sus haustorios en raíces de otras especies. Esto explicaría también porque el tamaño de las matas de *O. lanceolata* son mucho más grandes que otras especies y se mantiene constante en las 3 zonas (Figura 9), ya que, al ser hemiparásita, no depende tanto del agua que llega por precipitación y puede crecer más fácilmente que otras especies. Es notable también la relación negativa tan fuerte que tiene con especies como *Cytisus grandiflorus* o *Stauracanthus genistoide*. Esto pueden ser artefactos del muestro, ya que como se observa en la figura 11, alrededor de algunos pies se encontraban zonas de arena y es posible que a la hora del muestreo no se cuantifiquen plantas cercanas debido a que el muestro fue por transecto. Para un estudio exhaustivo sobre el hemiparasitismo de *O. lanceolata* se podrían hacer muestreos específicos por parcelas alrededor o cercanas a los pies de dicha especie.



**Figura 11:** Imagen de *Osyris lanceolata*. Como se puede observar, alrededor de la mata existe una zona de arena. Además, en cuadro rojo, se observa el tronco de *Pinus pinea*, posible anterior hospedador de *O. lanceolata*.

### Atributos foliares

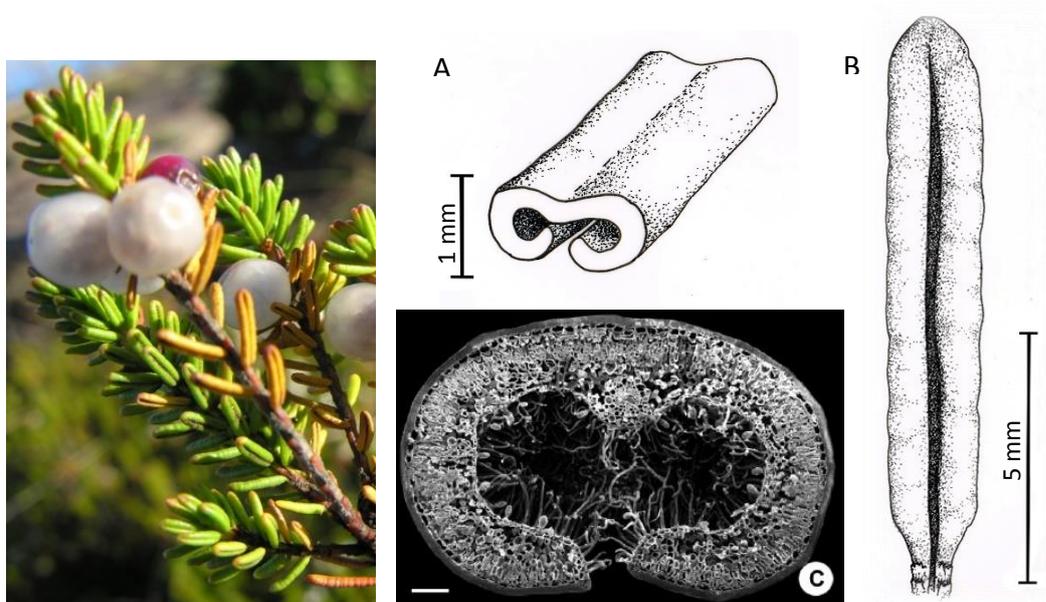
La figura 7 evidencia que hay tres especies con valores de LMA superiores a las demás: *C. album*, *S. genistoides* y *C. grandiflorus*.

*C. album* arroja unos valores superiores debido a la gran resistencia de su hoja, de un tamaño pequeño, pero con gran grosor, casi acicular (figura 12). Las hojas están, además, curvadas levemente hacia el envés, haciendo que, con la misma superficie foliar, la cantidad de materia orgánica por unidad de área aumente. Esto las hace muy resistentes y provoca que los valores de LMA sean más altos. *C. álbum* tiene además otras adaptaciones a climas tan áridos como este que le permiten desarrollarse con facilidad, como un control estomático excelente y la capacidad de tener reservas de agua. En entornos salinos también es capaz de reducir su potencial osmótico ( $\Psi_{\pi}$ ) para bajar por consecuente su potencial hídrico ( $\Psi$ ), posibilitando la extracción del agua de un suelo con gran contenido de sales y alto  $\Psi_{\pi}$  (Antunes, 2018).

En el caso de *S. genistoides* y *C. grandiflorus* los valores obtenidos son más altos debido a que la toma de muestra en ambas especies se hizo analizando el tallo, debido a que en ambas especies es difícil encontrar las hojas ya que o no están presentes o se caen poco después de

desarrollarse. Por esta razón los datos de LMA son más altos, debido a que los tallos son estructuras de una densidad y resistencia mayor.

Es lógico que plantas con estas estrategias fisiológicas aparezcan en entornos como estos, ya que las condiciones abióticas (es especial altas temperaturas y salinidad) son muy exigentes y se minimiza la pérdida de agua por evapotranspiración eliminando o reduciendo al máximo el tamaño de las hojas y aumentando su resistencia a la desecación (Antunes, 2018).



**Figura 12:** Imagen y detalles foliares de

*Corema album*. Se puede observar en detalle la estructura foliar, de gran grosor. En la **ilustración A** vemos la curvatura de la hoja sobre si misma creando un repliegue y en la **ilustración B** un detalle del envés de la hoja, observando la fisiología foliar al completo. **C:** corte histológico de una hoja de *C. album* (Antunes, 2018).

Con respecto al LDMC (figura 8), los datos son más uniformes, aunque siguen destacando por tener valores significativamente superiores *C. album* y *S. genistoides*. Estas especies pueden ser las que más resistan la desecación, albergando un mayor contenido de materia orgánica seca por peso en turgencia, es decir, sobreviviendo sin la necesidad de tener sus tejidos tan hidratados. Destaca que, a pesar de que *C. grandiflorus* si está presente entre las especies destacadas en el caso anterior, en el LDMC se mantiene en la media con las otras especies, posiblemente debido a su mayor dependencia de al agua a pesar de tomar como muestra los tallos. Para futuros estudios más rigurosos sobre esto se podrían tomar muestras de los tallos de cada una de las especies y compararlos, para evitar posibles errores en el análisis por comparar hojas con tallos. A pesar de esto nos arroja una idea bastante clara sobre las necesidades de cada una de las plantas.

## Área de las matas

La cobertura por individuo nos puede dar una idea sobre la facilidad de desarrollo que tienen cada una de las especies en cada una de las zonas. Al arrasarse el incendio en las tres zonas por igual, todas las plantas tienen la misma edad, permitiéndonos observar el tamaño de estas con este parámetro fijo. De esta forma, las matas que sean de mayor tamaño serán aquellas que se hayan podido desarrollar con mayor facilidad, es decir, con menor competencia o con un aporte mejor aporte de nutrientes.

En la figura 9 observamos como ciertas especies (*C. album*, *H. halimifolium*, *C. salvifolius* o *S. genistoide*) tienen un área mayor por mata en la zona de costa. Es posible que estas especies estén más adaptadas a este entorno, más cercano a la línea de costa, con una mayor salinidad y humedad en el ambiente, y por tanto se desarrollan con mayor facilidad. Sin embargo, las demás especies es posible que se vean más afectadas por estas condiciones, siendo menos competitivas y viéndose perjudicadas, además, por el estrés biótico de la competición, no pudiéndose desarrollar con tanta facilidad.

Cuando la zona ejerce entonces la misma presión sobre todas las especies, estas se desarrollan de forma más parecida, como ocurre en las zonas media e interior, donde el tamaño de las matas de *C. album*, *H. halimifolium*, *C. salvifolius* y *S. genistoide* disminuye, posiblemente debido a que en estos ambientes están más expuestas a diferentes estreses y el desarrollo no sea tan significativo.

Además, con un simple vistazo a la zona, se observaba como la zona de costa era mucho más homogénea en cuanto a diversidad se refiere, predominando *C. album* y *H. halimifolium*, haciendo ver que efectivamente estas son las especies más especializadas en este tipo de entornos (Díaz-Barradas, 1999b; Antunes, 2018).

Coincide además que *C. album*, y *S. genistoides* tuviesen mecanismos fisiológicos que las adaptaban a ambientes de este carácter y que sean estas dos especies las que presentan un mayor desarrollo en entornos más estresantes. *C. album* tiene además la característica de ser rebotadora, es decir, tras el incendio, meristemas apicales quedaron protegidos de la raíz, que una vez las condiciones fueron óptimas, se desarrollaron dando lugar a matas. La mayor parte de los pies que vemos hoy son los mismos individuos que antes del incendio. Esta

característica confiere a *C. album* una ventaja sobre las otras especies a la hora de la colonización tras el desastre (Antunes, 2018).

En el caso de *H. halimifolium*, presenta una serie de mecanismos adaptativos que la ayuda a desarrollarse en ambientes como el estudiado, tanto a nivel de individuo como a nivel de población. A nivel individual presenta una plasticidad morfológica y fisiológica que le permite adaptarse a los diferentes ambientes. El cambio en el potencial hídrico, su resistencia y la multiplicación vegetativa son algunas de las adaptaciones que le permite desarrollarse en distintas zonas. A nivel de poblaciones, funcionan como especies pioneras en sucesiones primarias y secundarias, ya que sus semillas brotan tras el fuego de forma rápida y eficaz (Díaz-Barradas, 1999b).

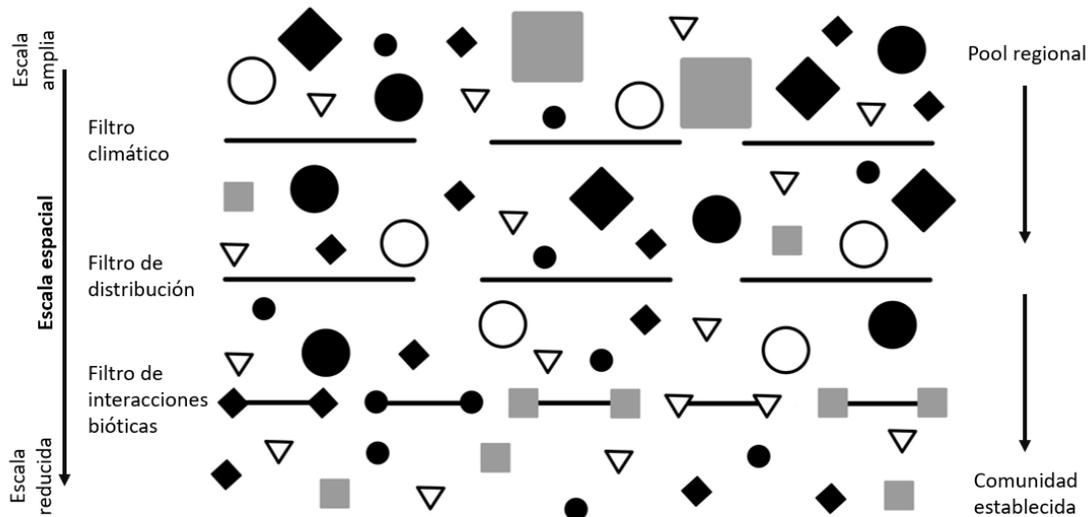
En cuanto a *O. lanceolata* es posible que presente un tamaño superior al resto de especies debido a su propia fisiología y a que, al ser una planta hemiparásita, no se ve tan afectada, viendo el mismo desarrollo en las tres zonas por igual, ya que toma los recursos, principalmente agua, de las raíces de otras especies (Mugula, 2021).

### **Atributos por parcela**

Podemos observar en la figura 10 como hay 3 agrupaciones de datos, aunque no de forma clara. Se observa una agrupación de los datos de interior, otra donde la mayoría de los puntos son de costa y la última donde los datos de costa son los predominantes. Hemos llegado a la conclusión de que las diferencias aun no son claras debido a que las comunidades aún están en formación y desarrollo. Cuando entren en juego todas las interacciones (tanto bióticas como abióticas) con el sistema y estas se fijen, los datos serán más diferenciales, pudiendo analizar los datos de atributos por parcelas de una forma más fiable.

Pero que la figura 10 no arroje unos datos que sean perfectamente interpretables no quiere decir que aporten poca información. Díaz et al en 1999 establecieron una serie de filtros que se dan a la hora del ensamblaje de las comunidades. (Figura 13). Durante su desarrollo, el ecosistema se va enfrentando a diferentes factores que va limitando el establecimiento de ciertas especies o seleccionando diversos atributos de la fisiología de las especies. De esta forma, nuestros resultados confirman que, al ser comunidades aun en formación aún no han atravesado todos los filtros y, aunque empieza a haber una diferenciación de las zonas por

atributos, si es verdad que aun que da progreso y la comunidad aún no está madura y establecida de forma estable.



**Figura 13: Condiciones ambientales que sirven como filtro.** Diferentes filtros que se dan a lo largo de la creación, establecimiento y ensamblaje de las comunidades. Recreación del esquema de Díaz et al (1999) (traducido).

Según el esquema, en la zona de estudio ya se ha atravesado el primer filtro, donde de un pool de especies que se tenía en el sistema se han conseguido establecer aquellas que han podido desarrollarse dentro de los factores climáticos que están establecidos. Empezamos a observar también los efectos del segundo filtro, y como consecuencia vemos diferencias de distribución entre las distintas zonas, incluso a simple vista. Las comunidades se encontrarían entonces en este punto, estableciendo diferentes distribuciones y empezando a desarrollarse una serie de interacciones bióticas de facilitación o competencia entre ellas. De esta forma podemos ubicar el grado de desarrollo de las comunidades dentro de este gradiente establecido por Díaz et al en 1999.

## Conclusiones

Tras casi 5 años después del incendio, la zona se encuentra ya en un avanzado estado de progresión ecológica, comenzando a establecerse y notarse interacciones entre las distintas especies. Este ensamblaje de poblaciones denota un correcto funcionamiento del ecosistema que, en tan poco tiempo, ha conseguido recuperarse. A pesar de esto, las comunidades no han llegado aún a su cenit, estando aun en maduración y evolución. En la

comparación del año 2021 y 2022 aun encontramos diferencia que denota que año a año sigue evolucionando, sobre todo la zona interior y media. En años venideros será necesario seguir con las investigaciones para seguir monitoreando la evolución de las comunidades, así como para conocer más datos sobre el surgimiento de ecosistemas en entornos similares al estudiado.

Por todo esto y por el tipo de ecosistema al que nos referimos, es importante seguir protegiendo y tomando medidas de prevención en la zona. Cualquier perturbación, explotación o contaminación de la zona debe estar rigurosamente controlada debido a la fragilidad en la que encontramos este ecosistema en nacimiento y evolución. Es un entorno natural bien conservado que, por fortuna, la junta de Andalucía ha habilitado para su visita y explotación turística y divulgativa. Es importante proteger las zonas de gran interés ecológico para que el ecosistema se estabilice llegando a su máxima diversidad gracias a un largo proceso de sucesión ecológica y para que futuras generaciones puedan disfrutar de ellas en su plenitud.

## Bibliografía

1. Antunes, C., Pereira, A.J., Fernandes, P., Ramos, M., Ascensão, L., Correia, O. and Máguas, C., 2018. Understanding plant drought resistance in a Mediterranean coastal sand dune ecosystem: differences between native and exotic invasive species. *Journal of Plant Ecology*, 11(1), pp.26-38.  
Doi: 1093/jpe/rtx014
2. Conti, L., de Bello, F., Lepš, J., Acosta, A. T. R., & Carboni, M. (2017). *Environmental gradients and micro-heterogeneity shape fine-scale plant community assembly on coastal dunes*. *Journal of Vegetation Science*, 28(4), 762–773.  
Doi: 10.1111/jvs.12533
3. Chozas, S., Correia, O., Santos, A. M. C., & Hortal, J. (2017). *Trait dynamics of Mediterranean xerophytic shrub communities growing on stabilised inland dunes respond to nutrient and aridity gradients*. *Plant Ecology & Diversity*, 10(2-3), 115–126.  
Doi: 10.1080/17550874.2017.1345997
4. a. Díaz Barradas, M.C., Zunzunegui, M., Tirado, R., Ain-Lhout, F. and García Novo, F., (1999). *Plant functional types and ecosystem function in Mediterranean shrubland*. *Journal of Vegetation Science*, 10(5), pp.709-716.  
Doi: 10.2307/3237085
5. b. Díaz Barradas, M.C., Zunzunegui, M. and Garcia Novo, E., 1999. *Autecological traits of Halimium halimifolium in contrasting habitats under a Mediterranean type climate? A review*. *Folia Geobotanica*, 34(2), pp.189-208.
6. Díaz, S., Cabido, M., & Casanoves, F. (1999). Functional implications of trait–environment linkages in plant communities. In E. Weiher & P. Keddy (Eds.), *Ecological Assembly Rules: Perspectives, Advances, Retreats* (pp. 338-362). Cambridge: Cambridge University Press.  
Doi: 10.1017/CBO9780511542237.013
7. Fukami, T. (2004). *Assembly history interacts with ecosystem size to influence species diversity*. *Ecology*, 85(12), 3234–3242.  
Doi: 10.1890/04-0340
8. Helsen, K., Bassi, L., Feilhauer, H., Kattenborn, T., Matsushima, H., Van Cleemput, E., Somers, B. and Honnay, O., (2021). *Evaluating different methods for retrieving intraspecific leaf trait variation from hyperspectral leaf reflectance*. *Ecological Indicators*, 130, p.108111.  
Doi: 10.1016/j.ecolind.2021.108111
9. Informe ejecutivo del incendio de las Peñuelas, Moguer, Huelva (2017). Consejería de Medio Ambiente y ordenación del territorio. Junta de Andalucía.
10. Mugula, B.B., Kiboi, S.K., Kanya, J.I., Egeru, A., Okullo, P., Curto, M. and Meimberg, H., (2021). *Knowledge Gaps in Taxonomy, Ecology, Population Distribution Drivers and Genetic Diversity of African Sandalwood (Osyris lanceolata Hochst. & Steud.): A Scoping Review for Conservation*. *Plants*, 10(9), p.1780.  
Doi: 10.3390/plants10091780
11. Zunzunegui, M., Díaz Barradas, M. C., Clavijo, A., Alvarez Cansino, L., Ain Lhout, F., & García Novo, F. (2005). *Ecophysiology, growth timing and reproductive effort of three sexual forms of Corema album (Empetraceae)*. *Plant Ecology*, 183(1), 35–46.  
Doi: 10.1007/s11258-005-9004-4

## ANEXOS

### Anexo 1: tablas de interacciones entre las distintas especies.

Interacciones Zona costa 2021

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cyt	Stau	Joxy	Necro	Suelo
Hha	-								
Hca	-	-							
Csa	-	-	-						
Cyt	-	-	1	-					
Stau	-1	1	-1	-	-1				
Joxy	-	-1	-	-	-	-			
Necro	-	2	-	-	-	-	-1		
Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herb	-	-	-	-	1	-	-	-	-

Interacciones Zona media 2021

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cli	Osy	Cyt	Stau	Joxy	Rof	Hel	Necro	Suelo
Hha	-												
Hca	1	-											
Csa	-	1	-										
Cli	-	-	-	-									
Osy	-	-	-	-	-								
Cyt	-	-	-	-	-1	-							
Stau	-	-	-	-	-	-	2						
Joxy	-	1	-1	-	-	-	-	-					
Rof	-	1	-	-	-	-	-	-	1				
Hel	-	-	-	-1	3	-	-1	-	-	-			
Necro	-	-2	-	-2	-	-	-	1	-	-	-		
Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herb	-	-	-	-	-	1	-1	-2	-	-	-	-3	-

Interacciones Zona interior 2021

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cli	Osy	Cyt	Stau	Ple	Rof	Necro	Suelo
Hha	-2											
Hca	-2	-2										
Csa	-1	1	-									
Cli	-	-	-2	-								
Osy	-	-	-	2	-							
Cyt	-	-1	-	-1	-	-						
Stau	-	-	1	-	-2	1	-					
Ple	1	-1	-	-	-	-	-	-				
Rof	-	-	-	-	-	-1	-	-3	-			
Necro	-	1	-	-	-	-	-2	1	-1	-		
Suelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Herb	-	1	-	-	-1	-	-	-	-	1	1	-

Interacciones Zona costa 2022

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cyt	Stau	Rof	Hel	Necro
Hha	-								
Hca	-	-							
Csa	-	-2	2						
Cyt	-	-1	1	1					
Stau	-1	-	-	-	-2				
Rof	-	-	-	-1	-	-			
Hel	-	-	-1	-	-	-	-		
Necro	1	-	-	-	-1	-1	-	-	
Herb	-2	-1	-	-	1	1	-	-	-3

Interacciones Zona media 2022

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cli	Osy	Cyt	Stau	Rof	Hel	Necro
Hha	-2										
Hca	0	-									
Csa	-3	-	-								
Cli	0	-	-	-							
Osy	0	-1	-	-	-						
Cyt	0	1	-	-	1	-3					
Stau	0	-	-	1	-	-3	-				
Rof	0	-	2	-	-	-	-				
Hel	0	-	-	-	-	-	-	-			
Necro	-2	3	-	-2	1	-	-	-1	-		
Herb	2	-2	-	-1	-1	-	-	-	2	-	-

Interacciones Interior 2022

	Cal	Hha	Hca	Csa	Cli	Osy	Cyt	Stau	Rof	Hel	Necro
Hha	-										
Hca	-	-1									
Csa	1	1	-2								
Cli	-	-	-1	-							
Osy	2	-	-	-	-						
Cyt	-	1	-	-	2	2					
Stau	-	-1	-	-	-1	-	-				
Rof	-2	-	-	-	2	-	-	-2			
Hel	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Necro	-	1	-	3	1	-	-	-3	1	-	
Herb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-