



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Estudio ecológico del efecto de los factores ambientales sobre la abundancia de líquenes corticícolas en la localidad de Orient (Mallorca)

Carolina Verónica Ceprián Simón

Grau de Biologia

Any acadèmic 2017-18

Treball tutelat per Maurici Mus Amézquita
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Paraules clau del treball:

Bioindicators, biodiversity, environmental effects, G-Test, lichens, PCA.

Bioindicadores, biodiversidad, efectos ambientales, G-Test, líquenes, PCA.

ÍNDICE

1. Abstract y resumen	2
2. Introducción	2 - 5
2.1 Líquenes: evolución y papel ecológico	3 - 4
2.2 Líquenes epífitos.....	4 - 5
2.2.1 Líquenes epífitos en Baleares	5
2.3 Objetivos	5
3. Material y métodos	6 - 10
3.1 Localización y descripción del área de estudio	6 - 9
3.2 Metodología	9 - 10
3.2.1 Fase experimental	9 - 10
3.2.2 Fase estadística	10
4. Resultados	10 - 21
4.1 Variables medidas	10 - 11
4.2 Diversidad y abundancia líquénica en el área estudiada	11 - 12
4.3 Estado de degradación	12
4.4 Estadística	12 - 22
4.4.1 Normalidad y homogeneidad de varianzas	12 - 13
4.4.2 G-Test	13 - 14
4.4.3 PCA	14 - 21
5. Discusión	21 - 23
6. Conclusiones	23
7. Agradecimientos	23
8. Referencias bibliográficas	24 - 25

1. ABSTRACT

An ecological study has been carried out to determine the effect of several environmental factors (height, orientation, thickness of the bark, trunk diameter and incident light intensity) on the abundance of cortical lichens in a holm oak in Mallorca. A previous fieldwork has been done, in which the environmental factors to be studied were measured and samples of lichen communities were collected to be subsequently determined in the laboratory. The statistical studies carried out (G-Test and PCA) show that, except for the orientation, which doesn't play any role at all in this distribution, factors such as light incidence and trunk inclination are determining factors in the distribution of lichen species.

1. RESUMEN

Se ha llevado a cabo un estudio ecológico para determinar el efecto de diferentes factores ambientales (altura, orientación, grosor de la corteza, diámetro del tronco e intensidad lumínica incidente) sobre la abundancia de líquenes corticícolas en un encinar de Mallorca. Para ello se ha realizado un previo trabajo de campo, en el cual se midieron los factores ambientales a estudiar y se recolectaron las muestras de comunidades liquénicas para ser posteriormente determinadas en el laboratorio. Los estudios estadísticos realizados (G-Test y PCA) muestran que, a excepción de la orientación, que no participa en esta distribución, factores como la incidencia lumínica y la inclinación del tronco son determinantes en la distribución de las especies liquénicas.

2. INTRODUCCIÓN

A pesar de que se han ido acumulando en la literatura científica trabajos referidos a la relación entre los hongos liquenizados y los ecosistemas de Baleares en los que viven (ver por ejemplo, Fiol(2012) como obra más reciente referida a líquenes calcícolas de Mallorca, hemos considerado interesante un estudio especialmente enfocado al conocimiento de las peculiaridades ambientales de la flora liquénica epífita sobre encinas (*Quercus ilex* L.) de la isla de Mallorca más allá de los datos que aportan los catálogos florísticos publicados. Para ello, se ha realizado un estudio ecológico en una localidad de la Serra de Tramuntana representativa de las comunidades liquénicas sobre encina de Mallorca.

2.1 Líquenes: evolución y papel ecológico:

Actualmente se pueden encontrar líquenes en gran variedad de ecosistemas gracias a su gran resistencia al estrés, desde humedales hasta desiertos, pasando por las condiciones de vida más adversas.

El proceso evolutivo que han seguido los líquenes hasta la actualidad ha pasado de una primera asociación que comprendía el micobionte (generalmente un ascomiceto) y las cianobacterias como fotobionte, a una simbiosis con algas clorofíceas. Esta asociación de eucariotas ha resultado muy eficiente en la colonización del medio terrestre debido a que se pudo garantizar una cierta independencia de la presencia constante del agua durante periodos de tiempo largos, permitiéndoles la colonización de medios inhóspitos. Esta asociación entre hongos, cianobacterias y algas ha hecho posible que los líquenes ocupen territorios imposibles de colonizar para los organismos integrantes de dicha simbiosis por separado, adquiriendo un papel destacado como organismos pioneros y primocolonizadores en términos de sucesión primaria en los distintos medios terrestres.

Los líquenes constituyen uno de los grupos de organismos vivos más sensibles a la contaminación ambiental, por lo que se les conoce como bioindicadores de ésta. Esto es debido a que la supervivencia de los líquenes depende principalmente del agua de lluvia y de las partículas atmosféricas que puedan ser utilizadas como nutrientes por éstos. La presencia en el aire atmosférico de sustancias potencialmente contaminantes, nocivas o tóxicas puede tener un efecto a largo plazo sobre estos organismos de lento crecimiento, puesto que su acumulación progresiva produce efectos adversos que pueden llevar a la muerte del organismo (Llimona *et al.*, 1991). El estudio de los efectos morfológicos y anatómicos sobre las distintas especies de líquenes permiten establecer patrones de sensibilidad diferentes que pueden proporcionar información acerca de la contaminación atmosférica a largo plazo.

Por otra parte, los líquenes también pueden dar información sobre el estado de *salud del bosque*, cuando se mide en función de la degradación de los ecosistemas y en términos de sustitución y desaparición de especies en algunos de los grupos biológicos sensibles como son los hongos liquenizados (Seminago, 2006). En este último caso se consideran buenos indicadores debido a que la diversidad específica de los distintos grupos de organismos aumenta con la heterogeneidad de los ambientes que ocupan (McCune & Antos, 1981). Por otra parte, una alta diversidad de especies liquénicas está asociada a una gran diversidad de hábitats y nichos, por lo cual en el caso particular de bosques viejos pueden ser, además, buenos indicadores de la biodiversidad en términos históricos, del grado de madurez y conservación (o alteración) del propio bosque (Hansson, 2000).

También cabe destacar el papel que tienen los líquenes en los ciclos minerales e hidrológicos de los ecosistemas en los que viven, principalmente en lo que a la fijación de nitrógeno atmosférico se refiere, aunque por supuesto su papel es crucial también con relación a la producción primaria y la constitución de redes tróficas con otros muchos integrantes de éstos. Aunque menos conocido, el papel de los líquenes en la economía humana también tiene

importancia, ya que tienen usos en la medicina por sus propiedades antibacterianas y antivíricas, en la industria textil por la extracción de fibra y menos frecuentemente se han encontrado usos para la fabricación de perfumes (McCune & Geisser, 2009).

2.2 Los líquenes epífitos:

Se conocen como líquenes epífitos aquellos que crecen y viven sobre otra planta, ya sea sobre la corteza (corticícolas), sobre madera (lignícolas) o sobre hojas (folícolas), aunque éstos últimos son propios de ambientes tropicales. Con frecuencia se observa que la presencia de determinadas especies de líquenes está relacionada con la presencia de determinadas plantas vasculares sobre las cuales crecen; de esta forma cada comunidad vegetal presentará una abundancia líquénica determinada en función de la especie de la que se trate: en rasgos generales, los bosques constituyen los ambientes más ricos en cuanto a abundancia líquénica. (Llimona *et al.*, 1991). Además de la vegetación, hay otros muchos factores ambientales que afectan a la presencia y la abundancia de las comunidades líquénicas: estas comunidades están *controladas* por un conjunto de interacciones entre los organismos y el ambiente. Sin embargo, cabe tener en cuenta que la abundancia y el crecimiento líquénico no pueden explicarse únicamente por los factores ambientales del ecosistema en general, ya que realmente se encuentran mucho más afectados por los microecosistemas y microhábitats (Kuusinen, 1994). Entre los factores que más afectan a estos organismos se encuentran:

a) El sustrato: la composición de las comunidades líquénicas variará en función del tipo y grosor de corteza, así como del área de la superficie sobre la cual se encuentran (Hyvärinen *et al.*, 1992; Bricaud, 1994; Fos, 1998). Además, influye la composición en minerales que puedan hallarse en el sustrato y que queden a disposición del líquen. (Ozenda & Clauzade, 1970).

b) La incidencia lumínica: la cantidad de luz incidente sobre una superficie colonizada puede determinar también la composición de las comunidades líquénicas (Hébrard *et al.*, 1995; Wolseley & Pryor, 1999). Por norma general, la riqueza de especies líquénicas aumenta junto con el incremento de la luminosidad. Así, en zonas bien iluminadas encontraremos una gran biodiversidad, mientras que en zonas sombrías se espera encontrar una biodiversidad mucho más pobre (Ozenda & Clauzade, 1970). El grado de insolación, o sea, la incidencia de luz solar directa durante muchas horas puede matizar de forma muy notable esa característica de biodiversidad alta comentada, pues puede ir asociada también a temperaturas elevadas y, por tanto, a pérdida excesiva de humedad que motivará una dificultad ambiental para el crecimiento líquénico.

c) La antropización: El hombre puede modificar de forma muy notable los ecosistemas, tanto con relación a los nutrientes y humedad que necesitan los líquenes, como variando significativamente los parámetros fisicoquímicos que les pueden afectar. El ejemplo más notable son las variaciones en la composición del aire y en concreto el aumento de los niveles de elementos potencialmente contaminantes en la atmósfera provocados por el

hombre, que acarrea consigo la degradación de muchos de los líquenes presentes e imposibilita la colonización del medio por parte de especies más sensibles a las variaciones atmosféricas y al estrés (Giralt, 1996; Llimona *et al.*, 1991).

2.2.1 Líquenes epífitos en Baleares:

Anteriores estudios recientes han llevado a cabo una importante aportación, recogiendo citas y trabajos anteriores y listando nuevos taxones a añadir a los catálogos florísticos de líquenes epífitos de distintas localidades de Baleares (Fiol, 1983; Fiol, 2013; Fiol, 2017). Estos catálogos no obstante no son exhaustivos, y aunque suponen un notable incremento del conocimiento que se tiene de este tipo de líquenes asociados a cortezas de árboles y arbustos de Baleares, resta aún mucho camino a recorrer (M. Mus com. Pers.). Un análisis preliminar atendiendo a las formas biológicas principales ha dado como resultado que en la mayoría de los casos existe un mayor porcentaje de líquenes, seguido de líquenes fruticulosos, habiéndose encontrado siempre una menor representación de líquenes foliosos.

2.3 Objetivos:

Teniendo, pues, en mente el interés evidente que tiene realizar nuevas aportaciones para conocer mejor este grupo de hongos liquenizados en la isla de Mallorca, el presente estudio pretende evaluar la influencia de los factores ambientales abióticos (orientación, altura, diámetro y grosor de la corteza e incidencia lumínica) sobre la presencia y abundancia de las diferentes especies liquénicas presentes en un entorno rural. El marco de este trabajo obliga a acotar del estudio a una localidad que se considera representativa de las comunidades liquénicas corticícolas principales del bosque balear por excelencia, el encinar.

Además, la recopilación de esta información pretende aportar datos útiles para conocer el estado de conservación de las comunidades liquénicas en un entorno natural alejado de impactos urbanos en la isla de Mallorca.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Localización y descripción del área de estudio:

Mallorca es la mayor de las islas del archipiélago Balear, con una superficie de 3.667 km² situado en el centro de la cuenca del mediterráneo occidental (Fig.1). La Sierra de Tramuntana se encuentra en el suroeste de la isla. Es el área de mayor plegamiento de la isla, y se encuentra alineada paralelamente con la costa septentrional. En esta sierra, situado a 240 m de altitud, se localiza el municipio de Bunyola, y en concreto la población de Orient, a las afueras del cual se ha llevado a cabo el presente estudio (Fig.2).

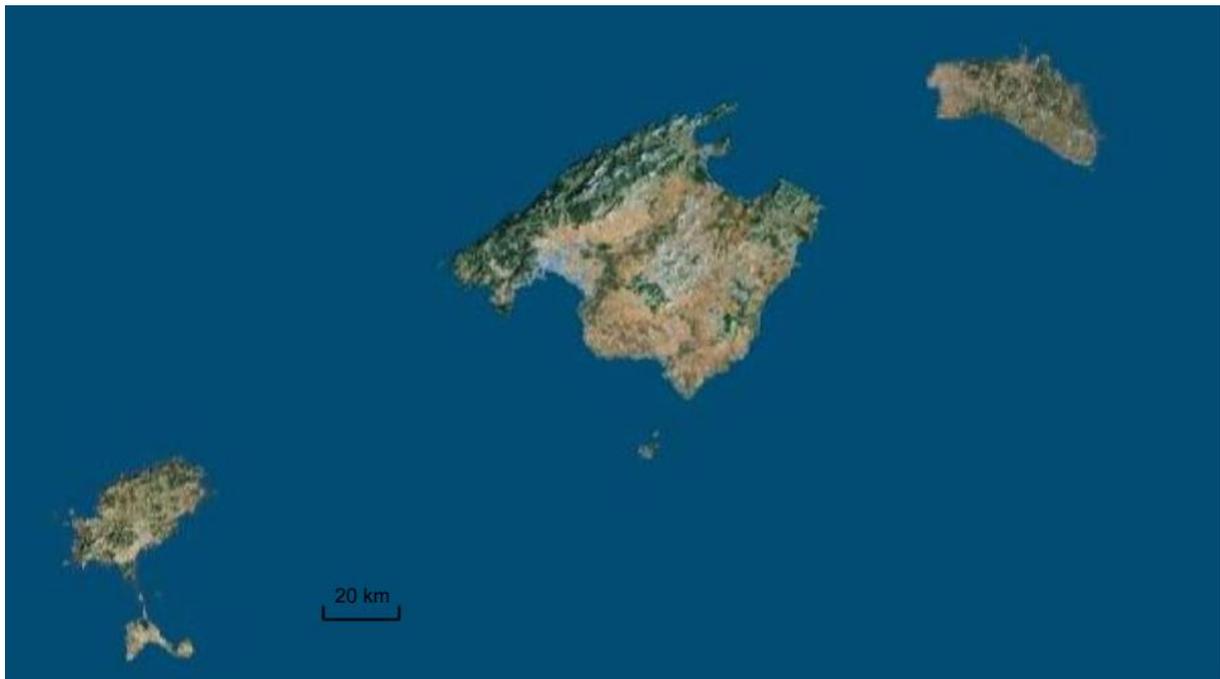


Fig.1- Mapa satélite del archipiélago Balear. Imagen extraída de la página web *Bioatles*. Escala 1:2000000.



Fig.2- Mapa satélite de la isla de Mallorca, extraído de la página web *Bioatles*. Marcado en rojo se observa la comunidad de Bunyola y en concreto la localización de la zona de estudio con coordenadas 39°43'31.3"N 2°44'51.5"E (ampliación esquina superior derecha). Escala 1:1000000 y 1:100000 respectivamente.

El clima en el archipiélago balear se caracteriza por ser un clima típicamente mediterráneo, con inviernos suaves y veranos cálidos y secos: presenta notables variaciones en sus precipitaciones entre años sucesivos, concentrándose generalmente en las estaciones otoñales y primaverales. Además, el hecho de estar rodeado de agua provoca en las islas un efecto tamponador, de forma que las temperaturas se mantienen dentro de unos límites, evitando así temperaturas excesivamente frías en invierno y demasiado altas durante el verano. En adición, la concentración y acumulación de energía calorífica en el mar a lo largo del verano contribuye a la estabilización de las temperaturas durante la estación otoñal. Concretamente el clima en el municipio de Bunyola se caracteriza por ser un clima cálido y templado, con una temperatura media de 15.7°C y una precipitación anual de 557 mm. (Fig.3, Fig.4).

La zona de estudio se encuentra concretamente en un encinar situado junto a la ruta de senderismo de “El Salt des Freu”, por lo que se trata de una zona sombría y muy húmeda durante la época de lluvias. El muestreo se ha llevado a cabo en una zona del bosque bien conservada, en una zona de ladera con poca pendiente donde el torrente se encajona, y cercano al camino. Es evidente que el manejo del encinar gestionado en una zona donde hay circulación de gente en actividades lúdicas ha mediatizado el aspecto general del bosque, pero, aunque se observe bastante pobre en diversidad y cobertura de los estratos arbustivos y herbáceo, representa perfectamente el encinar balearico y a efectos de las comunidades epífitas, supone unas condiciones ambientales magníficas para el estudio que se ha realizado.

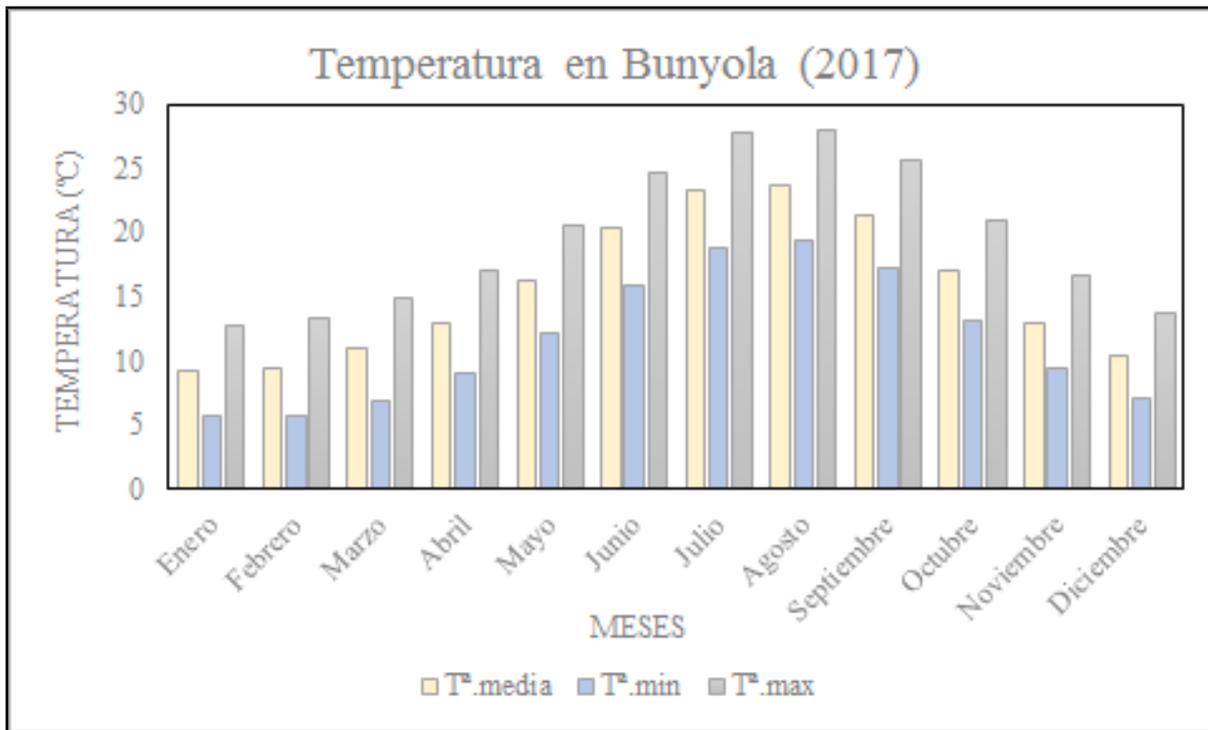


Fig.3- Gráfico de barras representativo de las temperaturas mínima, máxima y media en grados centígrados en el municipio de Bunyola a lo largo del año 2017. Datos extraídos de <https://es.climate-data.org>.

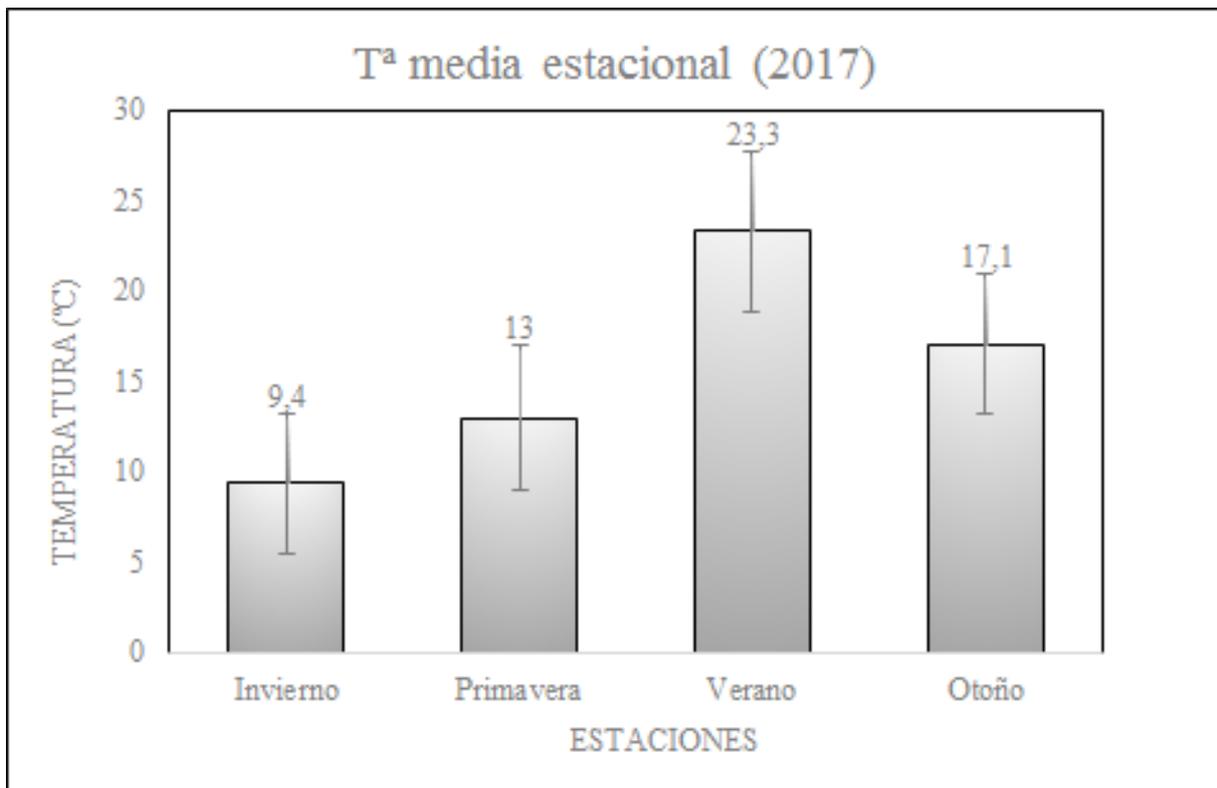


Fig.4- Gráfico de barras representativo de la temperatura media por estaciones en grados centígrados en el municipio de Bunyola a lo largo del año 2017. Datos extraídos de <https://es.climate-data.org>.

Para la realización de este estudio se escogió un área homogénea con una superficie de aproximadamente 2800m², caracterizada por presentar una pendiente con una variación de 30° a 35° de inclinación. La cobertura total del terreno se compone de aproximadamente un 60% de estrato arbóreo (20 árboles/100m²), 20% cubierto por musgos, 10% de pierdas y una cobertura de rocas inferior al 10%. La presencia de los estratos arbustivo y herbáceo es nula en la zona, y se encuentra cubierta en su totalidad por una capa de hojarasca.

3.2 Metodología:

3.2.1 Fase experimental

En esta zona se seleccionaron aleatoriamente 20 encinas (*Quercus ilex*), las cuales se marcaron en su base con un *spray* color amarillo y se les colocó una etiqueta para asignar a cada una un número. Posteriormente, a cada uno de estos árboles se le asignó al azar dos orientaciones opuestas en las que se iba a realizar la toma de muestras, de forma que en 10 árboles se analizó la orientación Norte-Sur y en otros 10 la orientación E-O. En cada uno de los árboles se marcaron para cada orientación seleccionada las alturas 50 cm, 100 cm y 150 cm, teniendo así 3 alturas para cada orientación y un total de 6 puntos marcados para cada árbol. A fin de caracterizar y tener en consideración posibles diferencias en relación a la forma y grosor del tronco de cada árbol muestreado, se midieron el diámetro del tronco y el grosor de la corteza en cada una de las alturas antes mencionadas utilizando una cinta métrica y un calibrador de corteza Haglöf con escala graduada milimetrada, respectivamente. También se midió la intensidad de la incidencia lumínica para cada una de las alturas y orientaciones mediante un medidor de luz (*Light Meter*). La medición de un parámetro como éste precisa sin duda de las medidas repetidas para que la información obtenida se pueda interpretar en base a una caracterización mínimamente informativa de las condiciones ambientales, por lo que se tomaron datos en tres ocasiones distintas y a lo largo de todo el día. Se buscó que el día en las tres ocasiones fuera totalmente despejado, sin nubes, y las medidas se realizaron siempre exactamente en los mismos momentos del día a fin de integrar los datos de cada punto de muestreo en una media para cada parte del día: inicio de mañana (9:30 h), media mañana (11:30 h.), mediodía (13:30 h), tarde (15:30h) y media tarde (17:30 h).

En cada uno de los puntos marcados se colocó una cuadrícula de 10×7,5 cm, compuesta por 12 cuadrantes, conformando cada una de estas cuadrículas la unidad experimental del presente estudio, con un total de 120 muestras (6 unidades experimentales para cada uno de los 20 árboles). De cada réplica se recogió con la ayuda de un bisturí una pequeña muestra para llevar al laboratorio y poder determinar las especies presentes en cada una de ellas.

La determinación se llevó a cabo con la ayuda de una lupa y microscopio y siguiendo la clave dicotómica establecida por Ozenda y Clauzade en su libro “Les lichens: étude biologique et flore illustrée” (Ozenda & Clauzade, 1970) y “Likenoj de Okcidenta Eŭropo: ilustrita deter-

minilibro (Clauzade *et al.*, 1985). Además, también se utilizó como material complementario la guía ilustrada de Frank S. Dobson, “Lichens: an illustrated guide to the British and Irish species” (Dobson, 19) y la guía ilustrada “Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticas” (Wirth, 2004).

3.2.2 Fase estadística:

Una vez identificadas las especies presentes en los 120 cuadros de muestreo, se procedió a determinar la abundancia de cada especie, así como su estado de degradación. Para ello se habían realizado anteriormente fotografías detalladas de cada uno de los cuadrados del estudio. También se utilizaron las fotografías para conocer la cobertura total liquénica y la presencia o ausencia de musgos y hepáticas en los mismos, así como su estado de degradación. Con los resultados se elaboraron tablas de presencia y abundancia para cada una de las especies, así como tablas de cobertura liquénica para relacionarlos con los factores ambientales. Se buscó el comprobar si éstos tenían efectos significativos sobre la presencia de determinadas especies o la abundancia de especies liquénicas en general, para lo que se realizaron dos tipos de tests estadísticos: a) se aplicó un G-Test (o test de Likelihood) para conocer los efectos de los factores ambientales sobre la presencia o ausencia de las determinadas especies de líquenes, b) para el análisis de los datos de abundancia, dado que el número de factores a tener en cuenta era elevado, se descartó la posibilidad de realizar varios análisis de varianzas por separado, ya que ello inducía a error. En su lugar se realizó una PCA (Principal Component Analysis) con el programa estadístico R (R Core Team, 2018). El análisis de componentes principales se fundamenta en la construcción de una matriz de coeficientes de correlación, a partir de la cual organiza los factores problema en componentes o dimensiones. La correlación con cada una de estas dimensiones permite verificar si el factor en cuestión contribuye o no en la distribución de los resultados.

En el apartado bibliográfico se aportan las referencias de los paquetes estadísticos necesarios para la realización de esta fase del estudio.

4. RESULTADOS

4.1 Variables medidas

Todas las medias y desviaciones típicas obtenidas a partir de los datos recogidos de las variables medidas a lo largo de la fase experimental se presentan en las siguientes tablas resumen:

Tabla 1- Medias de las variables medidas en los árboles estudiados (n = 20, y n para cada orientación = 10).

Resumen de los valores medidos	Orientación	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Inclinación (°)	Grosor corteza (cm)	Luz/día (luxs)	N° especies	Cobertura (%)	
								Líquenes	Briófitos
	W	150	49,55 ± 11,08	80,5 ± 65,12	4 ± 1,16	10710,67 ± 13723,24	4,5 ± 1,69	82,5 ± 9,56	0 ± 0,63
	100	53,15 ± 13,81	84 ± 47,35	5,5 ± 1,85	8623,67 ± 15514,48	4,5 ± 1,51	90 ± 26,06	0 ± 1,58	
	50	61,5 ± 13,64	85 ± 64,64	4 ± 1,2	7338,34 ± 7283,3	5 ± 2,15	87,5 ± 10,01	0 ± 15,81	
E	150	49,55 ± 11,08	80,5 ± 64,2	4 ± 1,37	5756,67 ± 11908,06	5,5 ± 1,9	50 ± 31,7	0 ± 15,75	
	100	53,15 ± 13,81	69,5 ± 79,37	5,5 ± 1,85	5608 ± 6800,91	4 ± 1,63	20 ± 27,8	0 ± 12,49	
	50	61,5 ± 13,64	73,5 ± 47,6	5,5 ± 1,48	9280,36 ± 11711,5	4,5 ± 1,83	27,5 ± 35,04	0 ± 18,97	
N	150	63,2 ± 16,52	59,5 ± 81,1	4,5 ± 2,04	4992,67 ± 4438,33	3,5 ± 1,16	70 ± 36,52	2,5 ± 10,06	
	100	66,35 ± 14,82	72,5 ± 61,71	5 ± 1,25	5132,34 ± 7094,83	3,5 ± 1,99	37,5 ± 35,92	2,5 ± 20,85	
	50	69,75 ± 16,15	60,5 ± 79,42	5,5 ± 2,02	5077,34 ± 1071,5	3,5 ± 1,84	37,5 ± 23	10 ± 23,62	
S	150	63,2 ± 16,52	79 ± 62,62	4,5 ± 1,29	4959 ± 13778,01	4 ± 1,48	35 ± 34,54	0 ± 4,86	
	100	66,35 ± 14,82	84 ± 74,48	4 ± 1,14	4780,34 ± 16035,71	4,5 ± 2,12	42,5 ± 25,71	0 ± 0	
	50	69,75 ± 16,15	75,9 ± 73,33	4,5 ± 1,51	8775,34 ± 11268,38	4 ± 1,56	50 ± 30,74	0 ± 3,37	

4.2 Diversidad y abundancias líquénicas en el área estudiada.

Tabla 2- Porcentaje de cobertura y frecuencia media observada para cada especie líquénica en un total de muestras n=120 (6 muestras por árbol, 20 árboles).

Especies	Mediciones	
	Cobertura (%)	Frecuencia (%)
sp1	7,00	7,92
sp2	20,00	5,58
sp3	0,83	0,58
sp4	0,49	0,08
sp5	2,08	0,92
sp7	0,49	0,25
sp8	2,08	1,67
sp9	1,67	1,08
sp11	4,86	1,50
sp12	1,32	0,50
sp13	2,71	0,50
sp14	0,14	0,08
sp15	1,67	0,67
sp16	0,07	0,08
sp17	19,17	5,75
sp18	8,96	1,50
sp19	21,88	5,25
sp20	1,67	1,92
sp21	0,42	0,33

Tabla 3- Porcentaje medio de cobertura para cada familia liquénica y tipo morfológico en función de la altura y la orientación; donde Arth = F. Arthoniaceae, Lec = F. Lecanoraceae, Parm = F. Parmeliaceae, Phlyc = F. Phlyctiaceae, Phys = F. Physciaceae, Ram = F. Ramalinaceae, Crust = Líquenes crustáceos, Fol = Líquenes Foliosos y Frut = Líquenes Fruticulosos.

Orientación	Altura(cm)	Cobertura familias (%)							Cobertura tipo (%)		
		Arth	Lec	Parm	Pert	Phlyc	Phys	Ram	Crust	Fol	Frut
W	150	43,75	3,12	2,62	13,75	23,33	0,00	0,00	15,09	2,38	0,83
		43,34	1,04	0,48	22,09	28,33	0,83	0,83	16,33	0,48	0,83
		49,17	1,67	1,31	12,50	48,33	0,83	0,00	17,83	1,07	1,25
E	150	33,34	1,88	1,19	15,42	15,83	1,67	0,00	12,08	1,43	0,00
		25,42	3,33	1,19	12,09	10,83	3,33	0,00	9,92	1,43	0,83
		23,75	2,29	0,60	17,50	20,00	0,83	0,00	11,17	0,48	0,83
N	150	27,09	0,42	2,62	11,25	6,67	3,33	0,83	8,50	3,10	0,42
		22,09	0,83	2,74	9,17	4,17	0,00	0,00	7,00	2,74	0,00
		22,09	2,29	0,24	12,92	15,00	0,83	0,00	9,42	0,36	0,00
S	150	35,42	0,42	2,50	14,17	36,73	3,33	2,50	13,76	2,86	1,67
		42,50	2,29	2,86	10,42	30,00	4,17	0,83	14,50	3,33	0,83
		38,34	0,83	1,55	17,50	23,33	0,83	0,00	13,83	1,67	0,00

4.3 Estado de degradación

De las 120 muestras tomadas, en ninguna de ellas se observaron morfologías típicas de un estado de degradación, como podrían ser las zonas blancas, decorticadas, o bien necrosadas del talo liquénico.

4.4 Estadística

4.4.1 Normalidad y homogeneidad de varianzas

Previamente a la aplicación de los tests estadísticos para evaluar la implicación de los factores sobre las variables respuesta, se comprueba la normalidad de los datos y la homogeneidad de las varianzas por medio de los tests estadísticos Shapiro-Wilk y Bartlett respectivamente.

El test Shapiro-Wilk contrasta la normalidad de un conjunto de datos, y responde al planteamiento de una hipótesis nula basada en que la muestra de datos estudiada proviene de una población con distribución normal. Siguiendo esta premisa, si el p-valor obtenido es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que los datos analizados no siguen una distribución normal; y por el contrario si el p-valor es mayor a 0.05 se confirma que los datos pertenecen a una población normalmente distribuida.

Por otra parte, el test de la homogeneidad de varianzas o test de Bartlett determina si el conjunto de datos de una muestra determinada proviene de poblaciones con varianzas iguales.

En este caso, la hipótesis nula planteada sigue la premisa de que las varianzas de las mencionadas poblaciones son iguales; mientras que la hipótesis alternativa desmiente la anterior. Por lo tanto, si el p-valor obtenido en este test es inferior a 0.05 se acepta la hipótesis nula, confirmando la homogeneidad de varianzas entre poblaciones. Por el contrario, si el p-valor es mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis nula y se confirma la no-homogeneidad de varianzas.

Para los datos recogidos en este estudio, el p-valor obtenido en los test Shapiro-Wilk y Bartlett fueron, en el primer caso mayores a 0.05 para todas las variables a excepción de los datos de presencias y ausencias; y en el segundo caso el p-valor obtenido para el conjunto de datos fue $2.2e^{-16}$. Estos resultados permiten confirmar que, a excepción de los datos de presencia-ausencia de las diferentes especies, los datos medidos no siguen una distribución normal, y que además todos presentan homogeneidad de varianzas. Esto no supone un problema, ya que para la aplicación del G-Test sí disponemos de datos distribuidos normalmente, y para la realización de la PCA no se requiere de la normalización de los datos.

4.4.2 G-Test

El tratamiento de los datos de presencia y ausencia de especies líquénicas con un G-Test (o Likelihood-ratio test) permite evaluar si hay diferencias significativas entre la presencia de las especies estudiadas respecto a los factores que se quieran evaluar, como la orientación o la altura. De esta forma, demuestra si se cumple o no la condición de que la presencia de un determinado número de especies presente una distribución diferente a 50-50% en el caso de la orientación (y 0.33-0.33-0.33% en el caso de la altura) o no. En el caso de ésta ser diferente, el p-valor nos permite saber si el efecto del factor sobre la variable respuesta es significativo o no. Para la realización del G-Test (se tuvieron en cuenta las especies por separado y su conjunto, y se elaboró una tabla indicando si cada una de las especies se encontraba presente o ausente a determinada altura y orientación. (Tabla 4)

El análisis estadístico por medio de un G-Test para todas las especies en conjunto con relación a la orientación reveló unos p-valores muy superiores a 0.05. Estos resultados muestran que la orientación no tiene efecto alguno sobre el número de especies presentes en una orientación u otra. Resultados similares se observan realizando el mismo test con relación a la altura: p-valores de 0.1 a 0.7, por lo que la altura no tiene un efecto significativo sobre la abundancia de especies.

Por último, se realizó un G-Test para cada una de las especies por separado, para comprobar si la distribución de éstas en los diferentes árboles mostraba de alguna forma diferencias significativas. Únicamente dos especies presentan diferencias significativas respecto a la orientación, y sólo una presenta diferencias significativas respecto a la altura: tanto *Phlyctis argena* como *Parmelia caperata* son significativamente más abundantes en el norte que en el

resto de las orientaciones (p-valor = 0.0317 y 0.02446 respectivamente), y la presencia de *P. caperata* aumenta significativamente con la altura (p-valor = 0.01807).

Tabla 4- Tabla de presencias y ausencias de las especies líquénicas determinadas. Cada una de las cuadrículas muestreadas se encuentra representada en una columna; siendo así, por ejemplo, la columna 1-50-S la correspondiente al árbol 1, a 50 cm de altura y orientación sur. En las filas se encuentran las especies de líquenes determinadas. Se ha identificado la presencia de una especie con un número “1”, y la ausencia con un “0”. De esta forma, el sumatorio de la última fila indica el número de especies diferentes presentes en cada cuadrícula.

Especie/Árbol	1						2					
	1-50-S	1-100-S	1-150-S	1-50-N	1-100-N	1-150-N	2-50-S	2-100-S	2-150-S	2-50-N	2-100-N	2-150-N
1. <i>Arthonia</i> sp.	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
2. <i>Arthonia albopulverea</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1
3. <i>Evernia prunastri</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4. <i>Lecanora chlorotera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5. <i>Lecanora dispersa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7. <i>Lecanora pulicaris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8. <i>Lecanora polytropa</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
9. <i>Lecidella elaeochroma</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11. <i>Parmelia caperata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12. <i>Parmelia conspersa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13. <i>Parmelia subrudecta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14. <i>Parmelia perlata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15. <i>Parmelia soredians</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16. <i>Parmelia sulcata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17. <i>Pertusaria pertusa</i>	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1
18. <i>Pertusaria albescens</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19. <i>Phycitis argena</i>	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0
20. <i>Phycitis adscendens</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21. <i>Ramalina farinacea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº total de especies presentes por cuadrícula:	2	4	4	0	3	2	3	4	4	2	1	3

Sin embargo, comprobar la significación de cada factor abiótico por separado resultaba poco concluyente. Por ello, se realizaron otros test estadísticos que contemplaran los factores como un conjunto de interacciones.

4.4.3 PCA

Una PCA es una técnica utilizada en estadística para reducir la dimensionalidad de un elevado conjunto de datos y que ofrece como resultado una selección de los datos principales representados en el análisis, agrupándolos en componentes principales o dimensiones en función de su contribución en la distribución de los datos; de forma que, en este caso, permite determinar qué factores tienen un mayor efecto sobre la abundancia líquénica.

- PCA ESPECIES (1)

En primer lugar, se realizó un Análisis de los componentes principales que contemplara la abundancia de todas las especies estudiadas respecto a todos los factores abióticos medidos (altura, orientación, diámetro del tronco, inclinación del tronco, grosor de la corteza e incidencia lumínica). Para ello se tuvo en consideración la orientación como único factor cualitativo. Se realizó la PCA para comprobar la contribución de cada uno de los factores a la distribución de los datos (Gráfico 1).

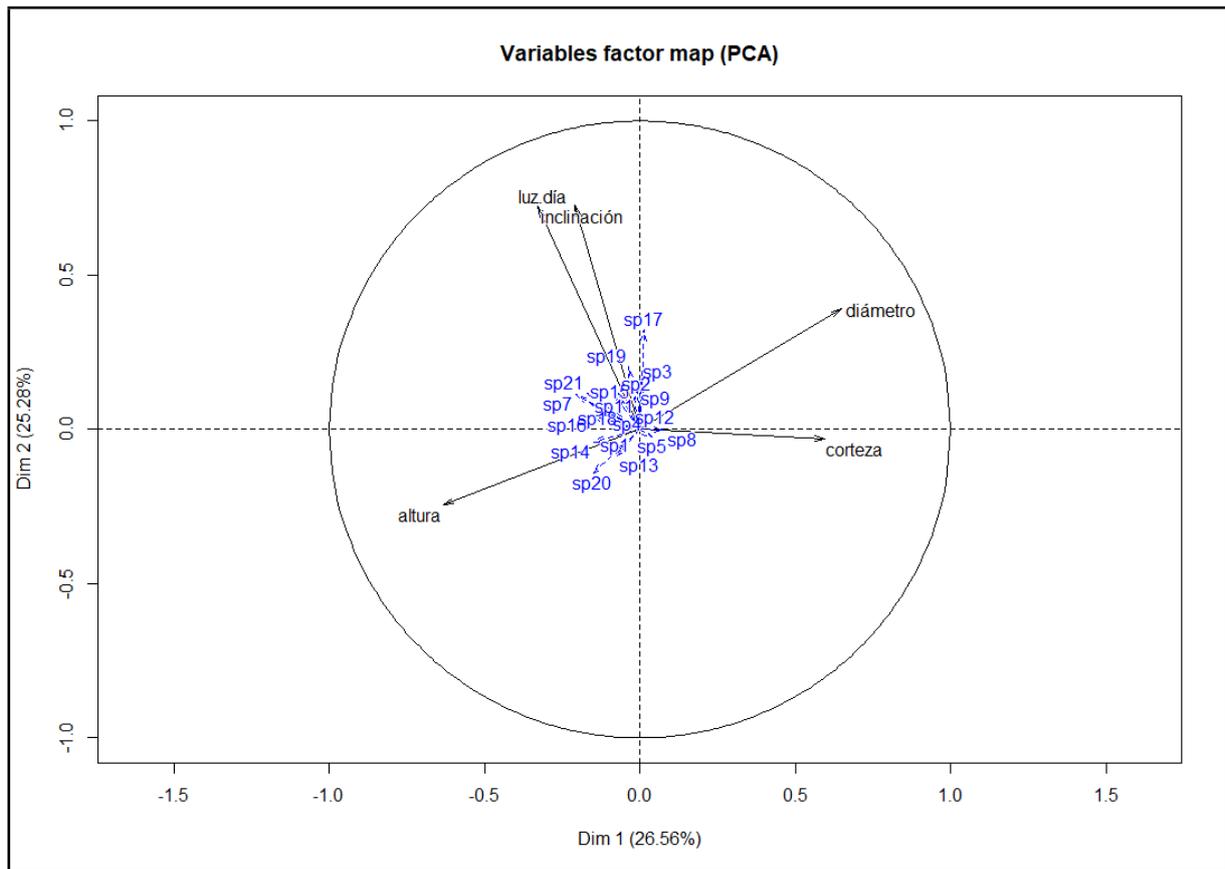


Gráfico 1 – Mapa de variables de la PCA realizada para todas las especies estudiadas. Sobre el eje X se representan los factores que contribuyen a la dimensión 1 del estudio, mientras que en el eje Y se encuentran los factores que contribuyen a la dimensión 2. Las flechas indican cómo cada factor se aleja en mayor o menor nivel del eje de representación. En azul se observan las variables respuesta, en este caso, las especies a estudiar.

A pesar de observar una representación del 26.56% en la dimensión 1, y del 25.28% en la dimensión 2, lo cual supone que se explica poco más del 50% de las diferencias y variaciones de los datos analizados; en el mapa de la PCA se puede observar que el factor “Corteza” se aleja notoriamente de la tendencia del resto de factores, lo cual nos hace pensar que su contribución quizás no sea tan importante como la de los demás factores. Para visualizar mejor esto, se realiza un gráfico de barras y se le añade una línea de tendencia para facilitar su visualización (Gráfico 2). El hecho de necesitar 5 dimensiones para explicar la variabilidad de nuestros datos quiere decir que ésta es tan elevada que no basta con 2 dimensiones. Normalmente los datos no manipulados necesitan de 4 dimensiones para ser explicados (en los mejores de los casos pueden verse reducidas a 3). Sin embargo, la necesidad de crear una quinta dimensión resulta excesivo, además de que el porcentaje que explica de variabilidad es prácticamente el mismo que el que explica la dimensión 4, por lo que es muy elevado. Conociendo esto, queda claro que un factor tiene una contribución muy baja en la variabilidad de nuestros datos (y por ello se crea una dimensión nueva). Para confirmar qué factor es el que no participa en la distribución de los datos, se realiza una “PCA en números”. Mediante ésta podemos conocer los % de contribución de cada factor estudiado respecto a cada una de las dimensiones, así como sus valores de correlación con las mismas. Los resultados se muestran de la siguiente forma (Tabla 5).

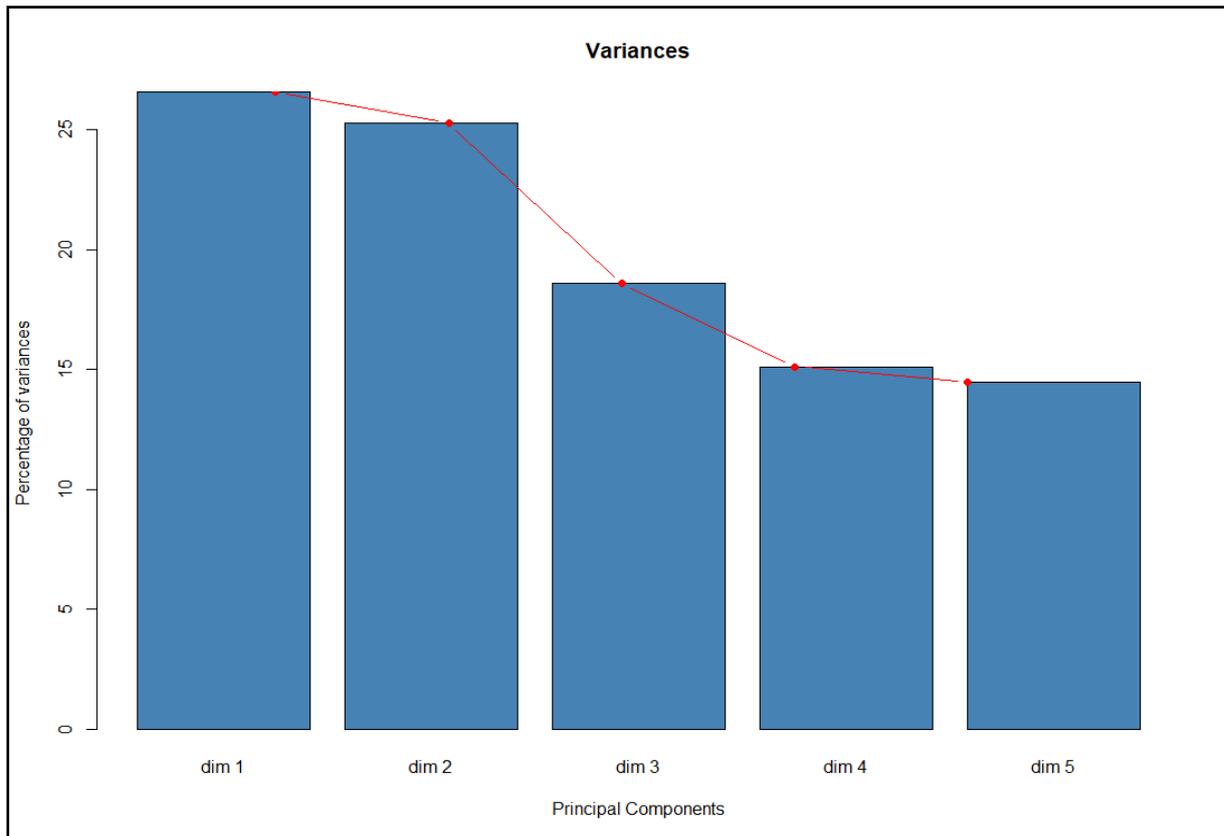


Gráfico 2 – Gráfico de barras con línea de tendencia de la PCA realizada para el conjunto de especies estudiadas. En el eje de las X se observa el número de dimensiones representadas por los factores que obtenemos, donde 1 y 2 se corresponden a las dimensiones reales, y el resto (3, 4 y 5) a las dimensiones necesarias para explicar la variación de nuestros datos. En el eje Y se observa el porcentaje de varianza explicado por cada dimensión.

Tabla 5 – Matriz de porcentajes de contribución de cada factor abiótico medido respecto a las dimensiones en las cuales contribuyen, formada por los factores del estudio en las filas y las dimensiones en las columnas. En ella se observa cuán representada se encuentra cada dimensión por cada uno de los factores analizados.

```
> round(mod$var$contrib[,1:5],2)
      Dim.1 Dim.2 Dim.3 Dim.4 Dim.5
altura  30.22  4.73 28.04 32.67  4.34
diámetro 31.72 12.03  0.96 54.85  0.44
inclinación 8.13 41.35  1.56  2.62 46.34
corteza  26.65  0.08 54.43  9.54  9.30
luz.día   3.27 41.81 15.01  0.33 39.58
```

Mientras que los factores *Luz.día* e *Inclinación* representan principalmente la segunda dimensión (aunque también tienen gran peso en la quinta), el factor *Corteza* representa más del 50% de la tercera dimensión (un 54.43% concretamente) y apenas se encuentra representado en las dimensiones 1 y 2. A pesar de que otros factores como *Diámetro* también tienen una gran representación en dimensiones ajenas a la 1 y la 2, es el factor *Corteza* el que presenta un cambio más drástico, además de que en el mapa gráfico de la PCA (Gráfico 1) se

observa una desviación de éste respecto al resto, que podría afectar al resto de factores y su contribución, por lo cual se confirma que la mejor opción es descartar el factor problemático. De este modo se repitió la PCA omitiendo el factor *Corteza*, y el resultado fue completamente diferente (Gráfico 3), ya que la contribución de todos los demás factores se vio alterada a raíz de la supresión del factor problema.

- PCA ESPECIES (2)

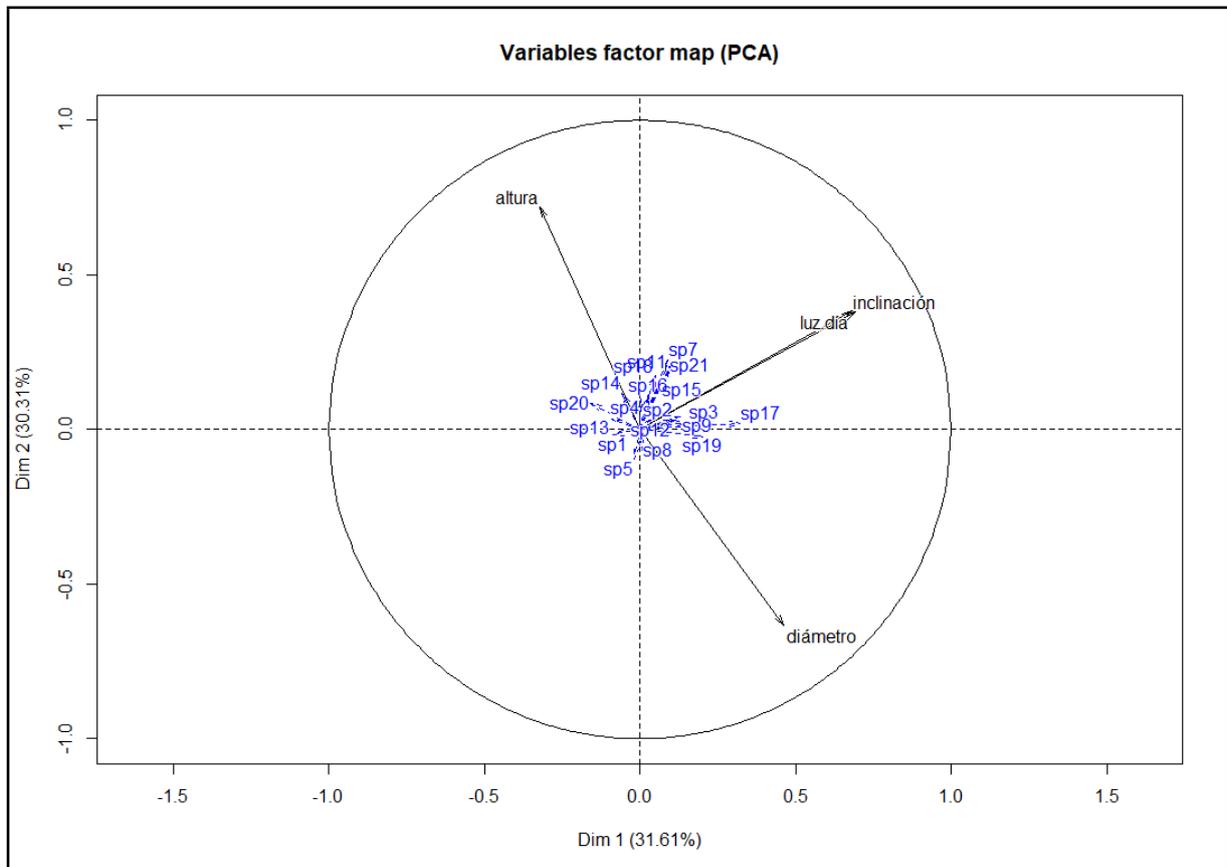


Gráfico 3 - Mapa de variables de la PCA realizada para todas las especies estudiadas. Sobre el eje X se representan los factores que contribuyen a la dimensión 1 del estudio, mientras que en el eje Y se encuentran los factores que contribuyen a la dimensión 2. Las flechas indican cómo cada factor se aleja en mayor o menor nivel del eje de representación. En azul se observan las variables respuesta, en este caso, las especies a estudiar. A diferencia de la Gráfica 1, se ha omitido el factor *Corteza*, de modo que la contribución del resto de factores a las dimensiones ha cambiado.

Tal y como se observa en el gráfico 3, la distribución de los factores ha cambiado respecto al gráfico 1: las dimensiones 1 y 2 en esta ocasión explican el 61.92% de la variabilidad de los datos estudiados, lo cual supone un aumento de casi el 10% respecto a la situación anterior. Además, si observamos el gráfico de barras resultante en este caso (Gráfico 4), podemos ver cómo ha desaparecido la quinta dimensión, por lo que la variabilidad de nuestros factores ha mejorado y no es necesario explicarla con más de cuatro dimensiones.

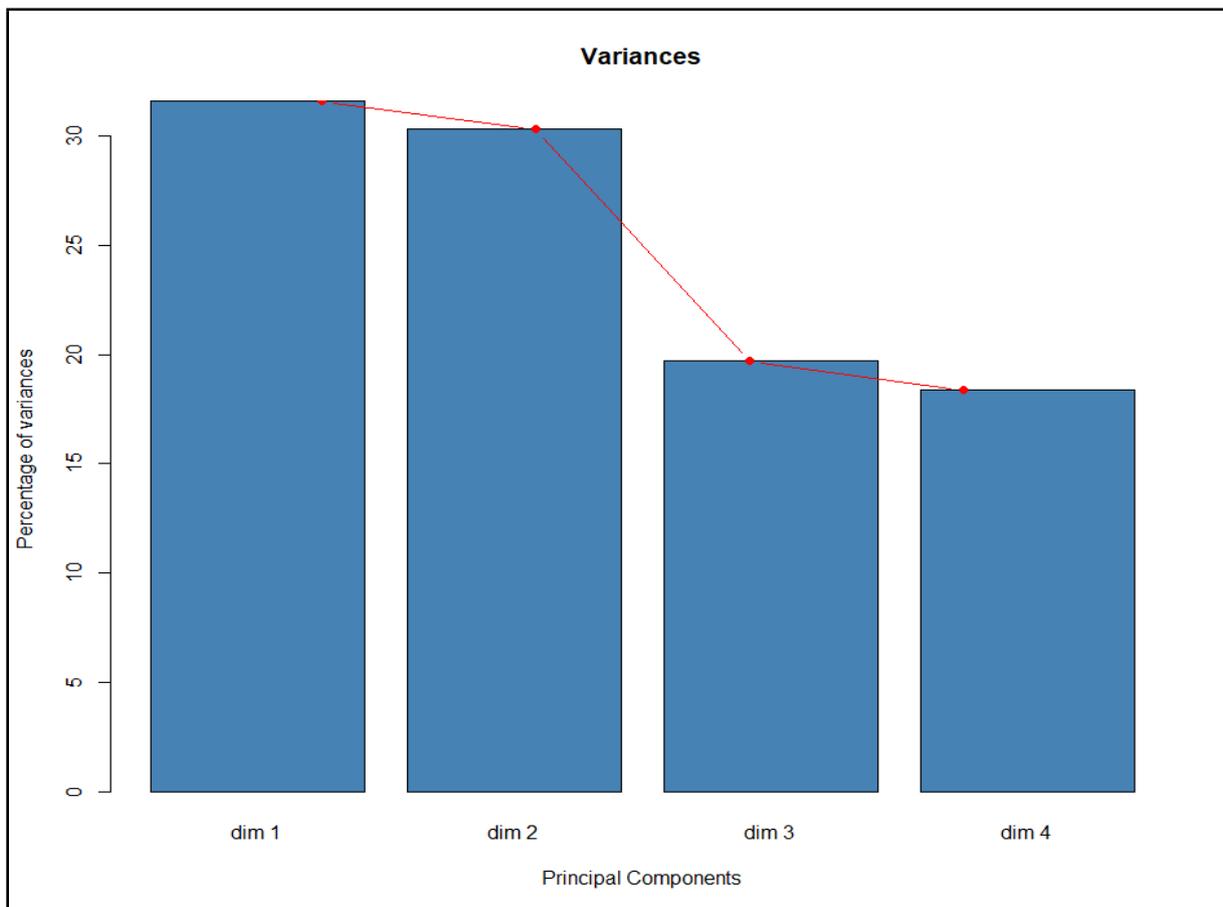


Gráfico 4 - Gráfico de barras con línea de tendencia de la PCA realizada para el conjunto de especies estudiadas. En el eje de las X se observa el número de dimensiones representadas por los factores que obtenemos, donde 1 y 2 se corresponden a las dimensiones reales, y el resto (3 y 4) a las dimensiones necesarias para explicar la variación de nuestros datos. En el eje Y se observa el porcentaje de varianza explicado por cada dimensión.

En este caso, además de haber desaparecido la quinta dimensión, se observa una mayor caída del porcentaje de varianza que explican las dimensiones 3 y 4 respecto a las dimensiones 1 y 2. Por ello, se confirma que el factor varianza afectaba negativamente a la distribución de los datos, y que éstos se distribuyen mejor en ausencia del factor *Corteza*.

Observando ahora los porcentajes de contribución registrados por la consola de R, se comprueba que la dimensión 1 se ve representada principalmente (en un 74.89%) por los factores *Luz.día* e *Inclinación*; mientras que la dimensión 2 se ve principalmente representada (en un 75.99%) por los factores *Altura* y *Diámetro*. Además, estos factores se correlacionan con cada una de las dimensiones, de forma que presentan un mayor factor de correlación con la dimensión que más representan. De esta forma, los factores *Luz.día* e *Inclinación* presentan un coeficiente de correlación de 0.69 y 0.68 con la dimensión 1 respectivamente. Al ser sus porcentajes de contribución y sus coeficientes de correlación tan similares, resulta normal la distribución tan similar que presentan en la gráfica 3, teniendo prácticamente la misma trayectoria. Sin embargo, el coeficiente de correlación entre ambos factores es de 0.2464, lo cual significa que no se encuentran relacionados, por lo que no están desplazando al resto de factores ni alterando la normalidad de los datos.

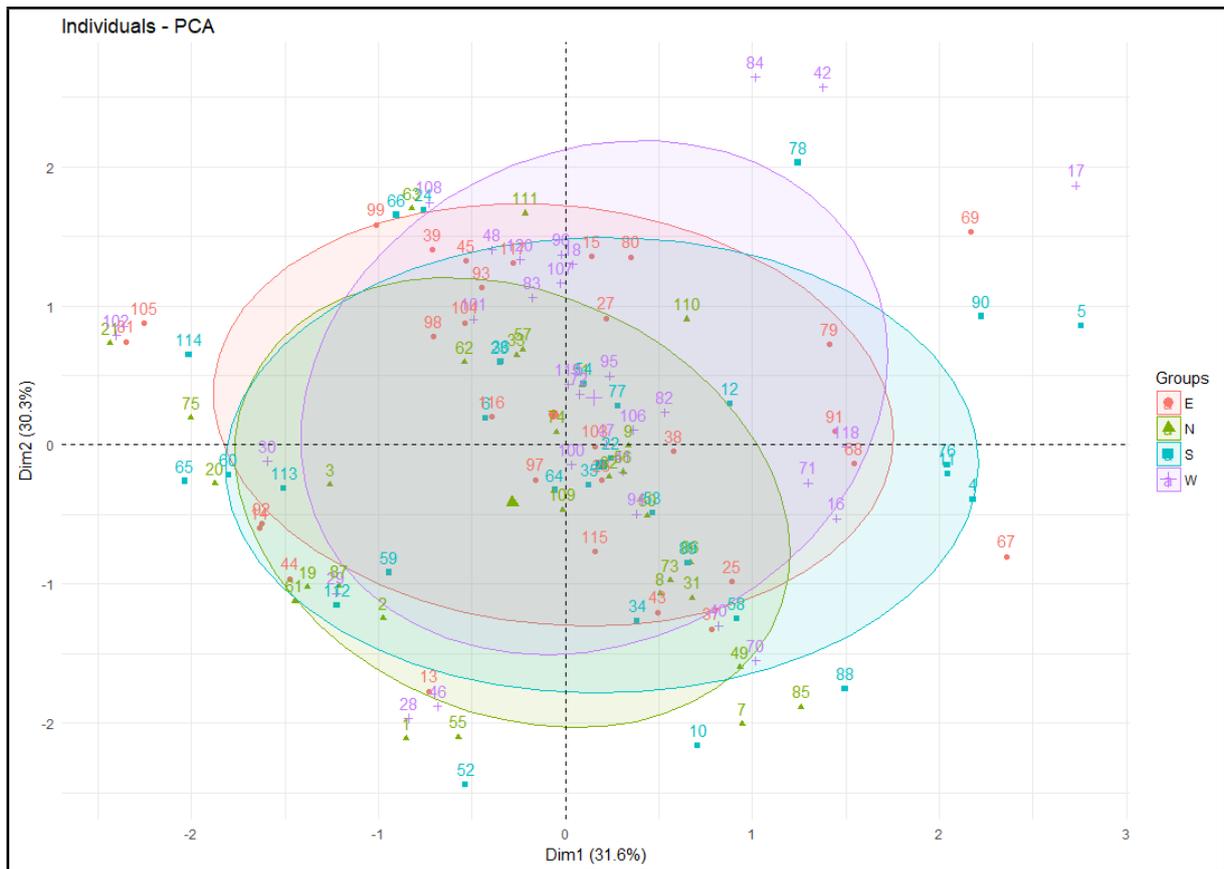


Gráfico 5 - Gráfico de dispersión de los datos obtenidos para todas las especies estudiadas en la PCA. Se han añadido elipses con el fin de agrupar los datos en función de las 4 orientaciones, cada una representada con un color: en rojo el Este (E), en verde el Norte (N), en azul el Sur (S) y en morado el Oeste (W).

En el gráfico de dispersión se observa una aglutinación de los datos, sin un patrón de distribución determinado; y al añadir las elipses se ve cómo todas ellas solapan. Esto implica que la orientación no tiene efectos significativos sobre la distribución de las diferentes especies.

Sabiendo que ni la corteza ni la orientación explican diferencias significativas respecto a la distribución de los datos obtenidos, se descartan del resto de PCAs a realizar.

- PCA ALTERNATIVAS

Un nuevo análisis de componentes principales fue llevado a cabo, manteniendo los factores *Luz*, *Inclinación*, *Altura* y *Diámetro*; y cambiando esta vez la variable respuesta por las familias de los líquenes estudiados (en lugar de las especies). El resultado observado en la PCA (Gráfico 6) fue exactamente el mismo que en la PCA realizada para las especies por separado. Se hipotetizó que, si la distribución no variaba entre especies y familias, tampoco variaría si se realizaba una PCA utilizando el tipo de líquen (Crustáceo, Folioso o Fruticuloso) como variable respuesta (Gráfico 7). Efectivamente, en ambos gráficos (6 y 7) se observa la

misma distribución de los factores, y presentan la misma participación en las diferentes dimensiones. Al igual que en el gráfico 3, se observa una diferenciación entre el efecto de la inclinación y la luz como conjunto, y por otra parte la altura y el diámetro del tronco. Dada esta diferenciación, en el gráfico 6 se pueden distinguir ligeramente dos grupos, diferenciando por una parte las familias más influenciadas por la cantidad de luz incidente y la inclinación del tronco; y por otra parte las familias que se ven más influenciadas por el diámetro del tronco y la altura.

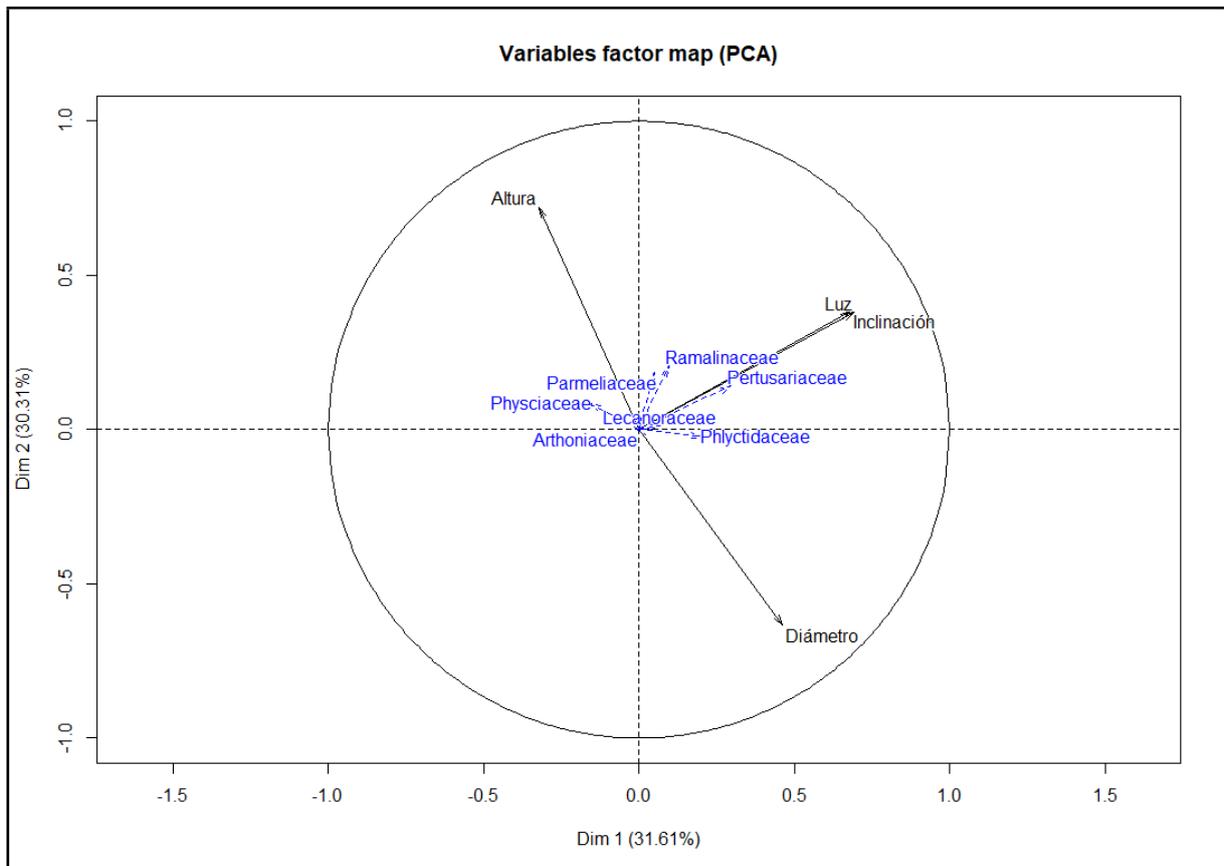


Gráfico 6 - Mapa de variables de la PCA realizada para todas las familias estudiadas. Sobre el eje X se representan los factores que contribuyen a la dimensión 1 del estudio, mientras que en el eje Y se encuentran los factores que contribuyen a la dimensión 2. Las flechas indican cómo cada factor se aleja en mayor o menor nivel del eje de representación. En azul se observan las variables respuesta, en este caso, las especies a estudiar.

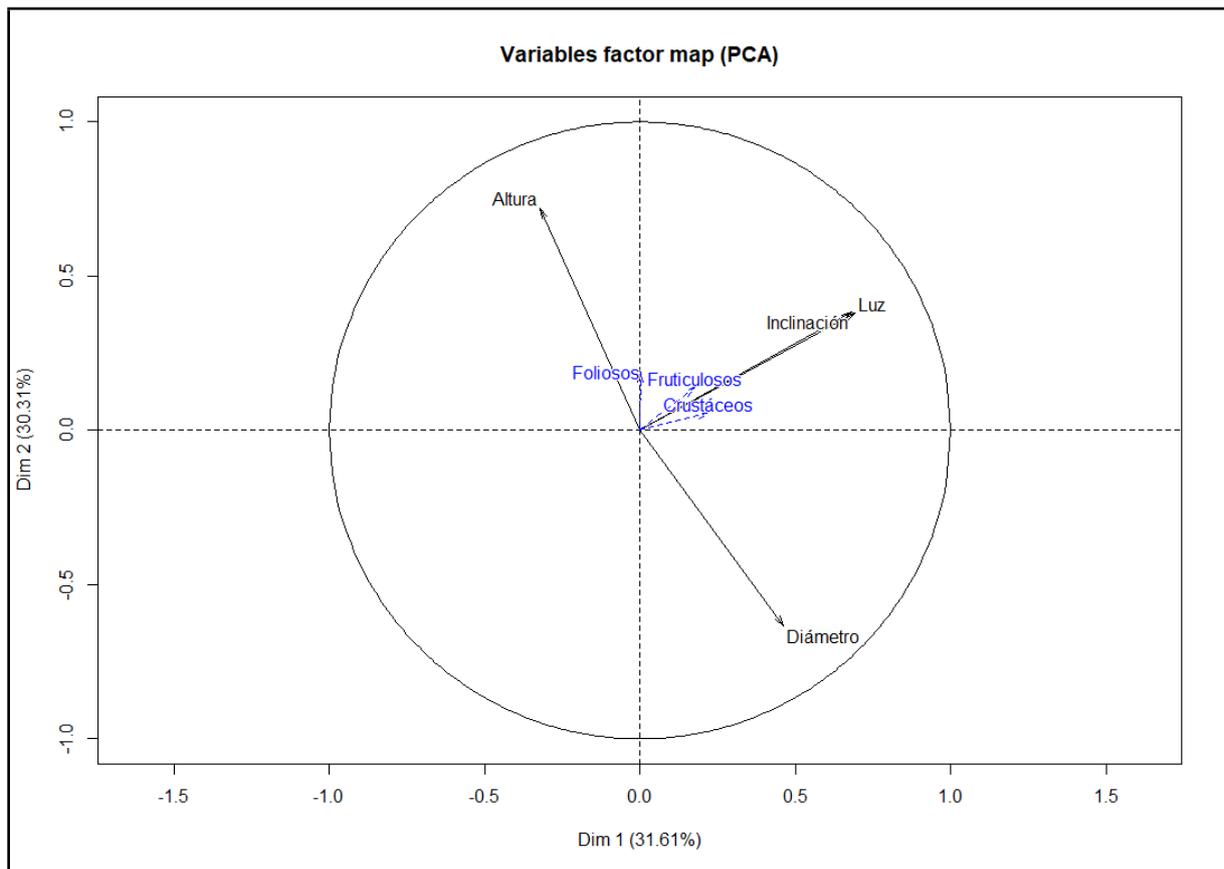


Gráfico 7 - Mapa de variables de la PCA realizada para los tres tipos de líquenes estudiados. Sobre el eje X se representan los factores que contribuyen a la dimensión 1 del estudio, mientras que en el eje Y se encuentran los factores que contribuyen a la dimensión 2. Las flechas indican cómo cada factor se aleja en mayor o menor nivel del eje de representación. En azul se observan las variables respuesta, en este caso, las especies a estudiar. Se observa una mayor dependencia de la incidencia lumínica y la inclinación en el caso de líquenes fruticulosos y crustáceos, mientras que los foliosos también se ven muy influenciados por la altura y no dependen de troncos de gran diámetro, sino que por el contrario se ven beneficiados por troncos de diámetro pequeño.

5 DISCUSIÓN

El presente estudio planteaba como principal objetivo conocer el efecto de los factores abióticos sobre la presencia y la abundancia de las diferentes especies y familias líquénicas en un encinar de Mallorca. Los resultados obtenidos mediante los test estadísticos muestran que la presencia de determinadas especies no muestra diferencias significativas en función de la orientación. Sin embargo, la abundancia de las diferentes especies líquénicas sí se ve condicionada por la incidencia lumínica, la altura, el diámetro del tronco y la inclinación del tronco; diferenciándose dos grupos principalmente: por una parte, las familias más sensibles a la luz y la inclinación del tronco, y por otra parte aquellas que se ven afectadas por todos los factores en un grado similar.

En este primer grupo encontramos 3 familias muy representadas: F. Parmeliaceae, F. Pertusariaceae y F. Ramalinaceae. Entre las especies catalogadas en este estudio, las más representativas de estas familias han sido *Evernia prunastri* (L.), *Parmelia caperata* (L.), *Parmelia conspersa*, *Parmelia subrudecta* (Nyl.), *Pertusaria albescens* (Huds.), *Pertusaria pertusa* (Weigel) y *Ramalina farinaceae* (L.). Todas ellas, especies que crecen sobre cortezas principalmente rugosas (aunque también algunas lisas excepcionalmente) y en zonas bien expuestas, aireadas, húmedas y con gran incidencia lumínica; menos frecuentemente en zonas sombrías o secas (Boqueras, 2000; Seminago, 2006). Son especies que a menudo se encuentran acompañadas las unas de las otras, aunque pertenecen a grupos liquénicos diferentes: Las parmeliias son líquenes foliosos, mientras que las pertusarias son crustáceos y las ramalinas fruticulosos. La diferencia que se observa en los resultados respecto a la distribución de estos tres grupos de líquenes se centra en la influencia de la altura, siendo un factor importante en líquenes foliosos, y menos importante en líquenes fruticulosos y crustáceos. Los géneros catalogados en este estudio como líquenes foliosos son *Parmelia* y *Physcia*. Ambos géneros presentan gran variedad en su ubicación respecto a la altura; en función de la especie y subespecie se pueden encontrar ejemplares sobre las ramas de los árboles (como *Physcia adscendens*) o en la base de los troncos (*Parmelia subrudecta*, *Physcia adscendens*) (Boqueras, 2000).

Al tratarse de especies que requieren de gran intensidad lumínica para un crecimiento favorable, es lógico que dependan de la inclinación del tronco, ya que, suponiendo una buena captación de luz, como más horizontal se encuentre el tronco mayor será la captación. Por ello, siempre que el tronco reciba una buena iluminación la abundancia de las especies mencionadas será mayor cuanto más inclinada horizontalmente se encuentre la superficie.

El resto de las especies, pertenecientes al segundo grupo, no presentan una dependencia determinada por ninguno de los factores; sin embargo, sí están influenciadas por ellos significativamente. Esto se debe a que las especies que conforman este grupo presentan necesidades diferentes, por ejemplo: *Lecidella elaeochroma* (Ach.) rara vez se encuentra colonizando la base de los troncos de los árboles y es común a partir del metro de altura, mientras que otras como *Lecanora chlarotera* no se ven influenciadas por la altura y es fácil encontrarlas a bajas alturas (Boqueras, 2000; Seminago, 2006).

En cuanto a las limitaciones de este estudio, quiséramos apuntar aquí que hay un factor abiótico crucial que ha sido de imposible medición a efectos prácticos debido a las condiciones temporales de muestreo en las que se ha planteado este trabajo: es el de la humedad. Este factor va directamente asociado al factor luminosidad; sin duda una gran iluminación sin aportes de agua suficientes haría muy difícil el crecimiento de macrolíquenes (sobre todo foliáceos), con lo cual la preferencia de condiciones altamente iluminadas de éstos se nos antoja aquí relevante por lo que hemos observado en general en los encinares mallorquines, una humedad ambiental elevada en buena parte del año.

Con relación a la diversidad liquénica y el estado de conservación de las comunidades observadas, el diseño experimental ceñido a una única localidad, homogénea en relación a sus características de conservación del ecosistema del encinar, no permite una comparación que pueda referir a un estado de conservación objetivable. El que sí constatamos, por la experiencia de haber visitado otras localidades y, por ejemplo, observar las cubiertas de líquenes corticícolas de encinas cercanas a núcleos urbanos o antropizados (Palma, UIB), es que la flora liquénica del Salt des Freu es rica, diversa y aparentemente en un estado de conservación bueno, a pesar de que el encinar es, como ya se ha comentado, muy visitado y se ha gestionado su limpieza. Sin duda el que se afecten factores que hemos apreciado aquí como importantes como son la iluminación, humedad y edad de las encinas (relacionada con el diámetro), necesariamente deben conllevar el dificultar la abundancia de especies sensibles y de macrolíquenes foliosos en general.

6 CONCLUSIONES

La abundancia de determinados grupos de líquenes epífitos corticícolas dentro de una comunidad depende de varios factores: los principales son la incidencia lumínica y la inclinación de la superficie sobre la cual se encuentran, de forma que, por lo general, una mayor irradiancia supone un mayor número de organismos presentes. Otros factores como la altura o el diámetro del tronco influyen en determinadas especies, siendo éstas más propensas a crecer en troncos más gruesos y por lo tanto más próximas al suelo, o por el contrario crecen a mayor altura, donde por lo general, el diámetro del tronco tiende a disminuir. La orientación es un factor importante a tener en cuenta respecto a la presencia de briófitos que puedan desplazar o impedir el crecimiento liquénico, pero no es un factor representativo en cuanto a la distribución de las diferentes especies presentes en las comunidades liquénicas.

7 AGRADECIMIENTOS:

En primer lugar, me gustaría dar las gracias al departamento de biología y a los integrantes del área de botánica de la Universitat de les Illes Balears (UIB). Especialmente al Dr. Maurici Mus Amézquita por su inestimable ayuda en la realización del presente trabajo; así como también al Dr. Lluís Antoni Fiol Mora por ofrecerme tan amablemente el material necesario y su ayuda en la determinación de las especies liquénicas. A Miquel Capó por su paciencia y ayuda con la aplicación estadística. Por último, me gustaría darle las gracias a todos aquellos amigos y familiares que me han acompañado y ayudado durante la fase experimental de mi estudio y que en todo momento me han apoyado.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Libros

1. Boqueras, M. (2000). *Líquens epífits i fongs liquenícòles del sud de Catalunya: flora i comunitats* (Vol. 127). Institut d'Estudis Catalans.
2. Clauzade, G., Roux, C., Houmeau, J. M., & Roux, C. (1985). Likenoj de Okcidenta Eŭropo: ilustriata determinlibro. *Société botanique du centre-ouest*.
3. Dobson, F. S. (2000). Lichens: an illustrated guide to the British and Irish species.
4. Fiol, Ll. (2012). Líquens saxícòles calcícòles de Mallorca i Cabrera. Control biològic del procés de meteorització de les roques calcàries. Universitat de les Illes Balears. Tesis doctoral inédita.
5. Giralt, M. (1996). *Líquens epífits i contaminació atmosfèrica a la plana i les serralades litorals tarragonines* (Vol. 113). Institut d'Estudis Catalans, 431-495.
6. Llimona, X. (1991). Fongs i líquens. *Història Natural dels Països Catalans*, 5, 528.
7. McCune, B. and Geiser, L. (2009). *Macrolichens of the Pacific Northwest*. 2nd ed. Corvallis: Oregon State University Press.
8. Seminago, À. L. (2006). *Els líquens epífits com a indicadors de l'estat de conservació del bosc mediterrani: proposta metodològica per als alzinars de Catalunya* (Vol. 137). Institut d'Estudis Catalans, 61-603.
9. Ozenda, P., & Clauzade, G. (1970). *Les lichens: étude biologique et flore illustrée* (No. 582.2 OZE).
10. Wirth, V. (2004). *Guía de campo de los líquenes, musgos y hepáticas: con 288 especies de líquenes y 226 de briófitos (musgos y hepáticas)*. Omega.

2. Artículos

1. Bricaud, O. (1994). Dos nuevas asociaciones corticulturales, mesomediterráneas, esclerófilas: Ramonio-Striguletum mediterraneae y Striguletum affinis. *El Lichenologist*, 26 (2), 113-134.
2. Fiol, L. A. (1983). Briófitos de l'habitació urbana de Palma de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 27, 65-76.
3. Fiol, L. A. (2013). Líquens i fongs no liquenitzats epífits de l'arxipèlag de Cabrera (Illes Balears). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 56, 77-95.
4. Fiol Mora, L. A. (2017). Líquens saxícòles calcícòles de Mallorca i Cabrera. Control biològic del procés de meteorització de les roques calcàries.
5. Fos, S. (1998). Líquens epífits de los alcornoques ibéricos. *Correlaciones bioclimáticas, anatómicas y densimétricas con el corcho de reproducción. [Epiphytic lichens from the Iberian cork-oak forests. Correlations with the bioclimate, the anatomy and the density of the reproduction cork.] Guineana*, 4, 1-507.
6. Hansson, L. (2000). *Indicators of biodiversity: recent approaches and some general suggestions*. EU FAIR.
7. Hébrard, J. P., Loisel, R., Roux, C., Gomila, H., & Bonin, G. (1995). Incidence of clearing on phanerogamic and cryptogamic vegetation in South-Eastern France: disturbance indices. *Functioning and dynamics of natural and perturbed ecosystems*, 747-758.

8. Hyvärinen, M., Halonen, P., & Kauppi, M. (1992). Influence of stand age and structure on the epiphytic lichen vegetation in the middle-boreal forests of Finland. *Lichenologist*, 24(2), 165-180.
9. Kuusinen, M. (1994, January). Epiphytic lichen diversity on *Salix caprea* in old-growth southern and middle boreal forests of Finland. In *Annales Botanici Fennici* (pp. 77-92). Finnish Zoological and Botanical Publishing Board.
10. McCune, B., & Antos, J. A. (1981). Diversity relationships of forest layers in the Swan Valley, Montana. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 108(3), 354-361.
11. Wolseley, P. A., & Pryor, K. V. (1999). The potential of epiphytic twig communities on *Quercus petraea* in a Welsh woodland site (Tycanol) for evaluating environmental changes. *The Lichenologist*, 31(1), 41-66.

3. Webs

1. <http://bioatles.caib.es>
2. <https://es.climate-data.org>

4. Programas y paquetes estadísticos

1. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
2. Achim Zeileis, Yves Croissant (2010). Extended Model Formulas in R: Multiple Parts and Multiple Responses. *Journal of Statistical Software* 34(1), 1-13.
3. Andri Signorell et mult. al. (2018). DescTools: Tools for descriptive statistics. R package version 0.99.24.
4. Erich Neuwirth (2014). RColorBrewer: ColorBrewer Palettes. R package version 1.1-2.
5. Gregory R. Warnes, Ben Bolker, Lodewijk Bonebakker, Robert Gentleman, Wolfgang Huber Andy Liaw, Thomas Lumley, Martin Maechler, Arni Magnusson, Steffen Moeller, Marc Schwartz and Bill Venables (2016).
6. H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2009.
7. Julie Josse, Francois Husson (2016). missMDA: A Package for Handling Missing Values in Multivariate Data Analysis. *Journal of Statistical Software*, 70(1), 1-31.
8. John Fox, Sanford Weisberg and Brad Price (2018). carData: Companion to Applied Regression. Data Sets. R package version 3.0-1.
9. Kevin Wright (2017). corrgram: Plot a Correlogram. R package version 1.12.
10. Sarkar, Deepayan (2008) Lattice: Multivariate Data Visualization with R. Springer, New York.
11. Sebastien Le, Julie Josse, Francois Husson (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate. Analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1-18.
12. Taiyun Wei and Viliam Simko (2017). R package "corrplot": Visualization of a Correlation Matrix (Version 0.84).
13. Terry M. Therneau, Patricia M. Grambsch (2000). *_Modeling Survival Data: Extending the Cox Model_*. Springer, New York.