



Universitat
de les Illes Balears

TESIS DOCTORAL
2021

**PREADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD DE LA
VEGETACIÓN DE LAS ISLAS BALEARES FRENTE A LA
HERBIVORÍA DE VERTEBRADOS NO NATIVOS.**

Miquel Capó Servera



Universitat
de les Illes Balears

TESIS DOCTORAL
2021

Programa de Doctorado en Biología de las Plantas

**PREADAPTACIÓN Y VULNERABILIDAD DE LA
VEGETACIÓN DE LAS ISLAS BALEARES FRENTE A LA
HERBIVORÍA DE VERTEBRADOS NO NATIVOS.**

Miquel Capó Servera

Director/a: Juan Rita Larrucea

Director/a: Elena Baraza Ruíz

Tutor/a: Elena Baraza Ruíz

Doctor por la Universitat de les Illes Balears

La presente tesis doctoral ha sido financiada mediante el contrato para la formación de personal investigador FPI/1925/2016 de la Direcció General de Política Universitària i Recerca del Govern de les Illes Balears y el Fondo Social Europeo. Además, los trabajos realizados en la misma han sido posibles gracias a la cofinanciación del proyecto CGL2015-70449-R del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

La tesis doctoral se ha realizado en la Universitat de les Illes Balears y juntamente con dos estancias en la Universitat Autònoma de Barcelona y la University of Portsmouth. El estudio de la flora endémica de las Islas Baleares fue posible gracias a la autorización del Servei de Protecció d'Espècies y la Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat (Conselleria de Medi Ambient i Territori).



G CONSELLERIA
O FONS EUROPEUS,
I UNIVERSITAT I CULTURA
B DIRECCIÓ GENERAL
POLÍTICA UNIVERSITÀRIA
I RECERCA

europa 
inverteix en el teu futur



G CONSELLERIA
O MEDI AMBIENT
I I TERRITORI
B

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona



*Als dos Miquels i les dues Catalines de la meva vida,
de qui he adquirit la meva passió per la natura i les plantes*

AGRAÏMENTS

No tenc cap dubte que la col·laboració i suport que he rebut durant aquesta tesi han estat el motiu pel qual l'he poguda finalitzar. Moltes persones han ajudat, ja sigui en el caire científic o en el personal, a que el balanç final d'aquesta experiència hagi sortit molt positiu. Espero haver encertat reconeixent a tots els que han estat participants d'aquest projecte, i com és natural, demano disculpes si he deixat d'esmentar algú que s'ho mereixia.

La posada en marxa de la meva carrera investigadora va ser gràcies al meu director de tesi, **Juan Rita**, a qui sempre he admirat i vist com un referent. Li he d'agrair que sempre hagi comptat amb mi per a qualsevol cosa, m'hagi ofert la seva confiança i, sobretot, m'hagi volgut transmetre la seva passió, sensibilitat, coneixement i dedicació per a la conservació de la flora balear. A més, m'ha ensenyat gairebé totes les espècies vegetals que he après, he visitat els paisatges més meravellosos que mai hauria imaginat veure – començant pels illots balears, i acabant per la Patagònia – i he après el que significa fer recerca sense deixar d'aprendre, pensar i, sobretot, gaudir. De les nostres experiències, em quedo amb haver après a fer censos mentre les gavines ens ataquen, a treballar en ple juliol enmig dels prats de *Diplotaxis ibicensis* pel ponent d'Eivissa, que sempre s'ha de comprovar si la zodiàc porta gasolina abans de partir i que és important saber on es troba el Decathlon de la ciutat d'Eivissa.

Enseguida y por no poder hacerlo de forma simultánea sobre el papel, hay que mencionar que esta tesis está sembrada, crecida y cosechada con la ayuda de mi directora de tesis, **Elena Baraza**. Ella me ha ofrecido los dos pilares de la investigación: pensamiento crítico y comprensión personal. Su despacho ha estado siempre abierto, ya sea en forma de directora, profesora, de gabinete psicológico o de zona de descanso donde hablar y echar unas risas. Sin duda, salir de su despacho siempre fue acompañado de una dosis de motivación y de ideas. Durante el primer curso de la carrera, en el año 2010 -hace 11 años ahora- nos llevó a la clase por el campus a censar pájaros en bicicleta y no encontré manera de poder quitarle el candado a la bici. Entonces ahí surgieron las primeras palabras que intercambiamos: “tú eres un chico con mucho talento para acabar haciendo un doctorado, pero antes mejor si aprendes a abrir un candado”. Prometo que antes de depositar esta tesis revisaré si ya lo sé hacer.

Una persona molt important d'aquest viatge ha estat na **Joana Cursach**, que ha estat al meu costat des del dia que vaig rebre la telefonada dient que m'adjudicaven el contracte -en aquell moment, ella i jo érem al Far d'Enciola a Cabrera- i a dia d'avui, a més de companys de feina, ens

hem convertit en bons amics. Hem treballat colze amb colze, no sols perquè ella ha contribuït notablement amb la tesi i jo he donat suport als seus projectes, sinó perquè literalment ens toquem els colzes al despatx. Na Joana ha actuat com una germana gran científica, una persona que sempre he emprat de referent del que és el bon camí, que admiro per la seva responsabilitat i professionalitat, el seu tracte personal, la seva transparència i sinceritat. Amb ella m'he sentit còmode, ja fos per treure llàgrimes o rialles. La vaig conèixer a Menorca fent un cens d'*Helosciadium bermejoi* i record perfectament que de tornada li vaig comentar a en Juan Rita “Crec que mai havia conegut ningú com na Joana”, de forma que en Juan em digué “i encara no te'n fas una idea”. Crec que ara ja me la començ a fer.

Estic molt agraït també per tot el suport de **Carles Cardona**, un altre actor essencial en el procés d'aquesta tesi. Gràcies a ell, hem pogut realitzar els experiments sense preocupar-nos per la logística ni el manteniment. Amb l'ajuda que ell ha coordinat des del Centre Forestal de les Illes Balears (CEFOR) ubicat a la Finca Pública de Menut, hem pogut cultivar els individus que necessitàvem desenvolupar aquesta tesi. A més, també ens han ajudat a plantar les espècies al camp, i a muntar l'exclusió dels herbívors. A nivell personal, en Carles va més enllà de tot el treball que ha fet des del CEFOR, és un amic d'aquests que mai nega un somriure, unes rialles o unes paraules d'ànim, i que em recorda constantment quina és la vertadera passió per les plantes. La nostra col·laboració per la meva tesi potser finalitzi, però la flora balear té molt per veure encara de les coses que podem fer plegats a partir d'ara. El dia que vaig anar a Menut per primera vegada, el professor Lleonard Llorens ens va dir que coneixia a poques persones amb més talent per la botànica que en Carles Cardona. Aquell dia -i encara ara- em va quedar clar perquè ho deia.

A **Joshua Borràs** no le puedo agradecer todo lo que ha hecho porque llenaría un libro entero. Empezó siendo un alumno colaborador que me ayudaba con el muestreo y análisis en el laboratorio, mientras iba tocando la guitarra por los pasillos de la facultad, y ahora se ha convertido en un hermano para mí. Comparte conmigo la pasión por la botánica y por la ciencia, tenemos un carácter social muy similar, cosa que nos ha hecho reír y vivir experiencias geniales en muchos contextos de la ciencia. Además tiene ese don de la paciencia que se requiere para ser mi amigo y para no de mandarme a pensar plantas cuando estoy estresado o de mal humor. A nivel científico, estoy muy contento de ver que formamos un buen equipo y que el rendimiento es increíble. Nunca olvidaré el día que le pedí matrimonio delante de todo el auditorio en Granada, o nuestras largas horas en casa descargando el estrés de la tesis cocinando para los pandemonios con un gin-tonic en la mano.

Al **Jordi Bartolomé** li he d'agrair que em volgués dins de l'equip del seu projecte, de forma que així vaig poder optar a la beca predoctoral corresponent. També estic molt agraït del seu tracte personal, dels seus comentaris crítics i sincers que sense dubte han contribuït a millorar aquest treball.

Vull agrair també a na **Cati Artigues** per ajudar-me a que cadascú dels que esteu llegint això hageu rebut una bona primera impressió de la tesi doctoral mitjançant les il·lustracions de la portada. Des del moment que vaig veure els seus treballs a Es Busqueret, vaig desitjar que un dia la meua tesi tingués dibuixos semblants.

La vida universitària ha estat una experiència genial que he pogut compartir amb el meu grup de “polletes” format inicialment per en **Toni**, en **Miquel**, en **Mateu**, en **Joan** i en **Nacho**, on després s'integressin en **Marc** i en **Marcel**, na **Marga**, na **Alicia**, en **Sebastià**, na **Paula** i en **Pere**. Cada un de vosaltres es mereix una planta endèmica dedicada. Especialment, vull fer èmfasi amb en **Marcel Font**, qui ha estat allà en moments molts crítics d'aquesta etapa, i amb el qual he parlat de coses que m'han ajudat molt a mantenir-me motivat i feliç. Aquesta tesi està en deute amb tu i, perquè no dir-ho, un poc també amb el sushi. També vull esmentar a na **Marga Roig**, que va acceptar ajudar-me amb un dels capítols de la tesi i amb la qual hem passat moments genials al CEFOR a les tantes de la matinada. Quan pens amb les nostres vivències, em ve al cap el so de la teua rialla constant.

Quan vaig arribar al Laboratori de Botànica, em vaig trobar un ambient espectacular. Sonava la Simfonia núm. 9 *Del Nou Món* de Dvorák, que escoltava en **Lluís Fiol**, l'òrgan que manté el laboratori viu -literalment, perquè les plantes sobreviuen allà gràcies a ell- i amb el qual sempre m'he sentit acompanyat. Fer la tesi amb un ambient que combina el bon gust musical i la flora és un luxe indescriptible. A més, estic molt agraït dels altres membres del laboratori amb els quals he viscut molt bones experiències tals com en **Maurici**, en **Llorenç**, en **Leonard**, en **Marcelo**, n'**Ivan**, n'**Arnau**, en **Toni**, i especialment en **Fran Fuster**, a qui li ha tocat compartir espai amb mi en la darrera fase de la tesi, tant al laboratori com al gimnàs. A més, vull esmentar a en **Sebastià Perelló** i en **Jaume Garrido**, que han estat els dos primers alumnes que he tingut el plaer de tutoritzar i amb els que he gaudit de treballar. Amb els dos he viscut experiències brutals al camp, i mai han faltat les rialles i l'energia per treure la feina endavant.

Vull agrair també al Grup de Recerca en Biologia de les Plantes en Condicions Mediterrànies pel seu acolliment i bona dinàmica. Vull fer una especial menció a na **Josefina**, qui em va donar la meua primera oportunitat laboral i científica, i amb la que sempre he tingut la confiança per dir el que pens i per consultar el que necessito, a més de dinar plegats i xafardejar una mica. La motivació que vaig guanyar gràcies als mesos que vaig treballar amb ella, sense dubte, han contribuït en la qualitat d'aquesta tesi i del meu futur acadèmic.

I am so grateful to **Antoine Limpens** and **Chiara Engelbrecht** for their help and collaboration during my PhD fieldwork. I have enjoyed so much working with you. It was amazing to evaluate populations of *Euphorbia dendroides* in many sites of the island with Chiara despite some days the weather was extremely defeating and the chaotic but brilliant fieldwork in La Victoria with Antoine and Javier. I hope to see you again in the future somewhere saving plants from herbivores.

Sense cap dubte, les experiències que més desafiants han estat per a mi han estat aquelles que m'han obligat a sortir de la zona de confort. És per això que la bona acollida i el bon ambient que he rebut a les estades a centres de recerca m'han ajudat a gaudir d'aquesta experiència. Per una part, he d'agrair l'acolliment de n'**Eva Castells** de la Universitat Autònoma de Barcelona, qui va accedir a donar-me una mà amb un experiment d'aquest treball i qui em va fer un lloc durant un mes al seu laboratori. En el mateix lloc, la presència de na **Lucía**, en **Pere**, la **Victòria**, la **Laura**, el **Javier** i l'**Alexis**, van fer que l'experiència fos genial.

My visit to the University of Portsmouth was one of best experiences of my life. I am so grateful to **Rocío Pérez-Barrales** to host me for three months in her lab and to share her knowledge and interest in plant ecology with me. I do promise that you will meet the endemic flora of Mallorca soon. **Bea**, **Maria**, **Timo** and **Harry** were also really nice to me and our experiences during my visit were amazing. Moreover, I enjoyed a lot to share the house with **Sue** and **Yovung**, that prepared my very first surprise birthday party when I did need it. Thanks for everything, 2nd floor.

Per altra banda, he d'agrair a varies persones de l'Administració Pública o d'entitats col·laboradores per la seva predisposició a ajudar quant a tràmits normatius o amb la divulgació de la tesi. En aquest sentit, don les gràcies a **Eva** i **Xavier** del Servei de Protecció d'Espècies, a **Virginia** i a tot l'equip de la Reserva Natural des Vedrà, es Vedranell i els illots de Ponent, als directors i directores dels Espais Naturals Protegits on he treballat, i especialment a na **Magdalena Carbonell**, que sempre ens va donar una mà amb qualsevol necessitat, i que desafortunadament no tindrè l'oportunitat de mostrar-li els resultats d'aquest treball. També agraeixo la confiança de n'**Enric** i **Xavi**, de Balears Fa Ciència, per haver-me rebut sempre amb les mans obertes.

En aquest camí, també m'he trobat amb persones que han fet la tesi o han dirigit projectes en temàtiques relacionades, de forma que també he pogut conèixer a gent com **Pau**, **Raquel**, **Cayetano**, **Amparo** o **Melo**. Les nostres històries als congressos o al camp han contribuït en fer rialles i aportar felicitat a la memòria d'aquest capítol de la meva vida.

També he pogut comptar amb la presència de gent essencial en fer de la Universitat un espai digne de considerar-se una segona casa. A persones com **Charo**, **Macià**, **Andreu**, **Aina**, **Miquel Truyols**, **Pep Sastre** o **Guillem Gost** els hi he d'agrair haver-me solucionat problemes logístics i

sobretot dedicar-me una rialla diària quan ens creuam pels passadissos. Altres membres de la Universitat que m'han inspirat profundament en desenvolupar les meves inquietuds com a biòleg i de les que en prenc imatge per créixer en l'àmbit acadèmic han estat **Guillem Ramon i Miquel Morey** (professors d'Ecologia), **Ana Alemany** (professora de Zoologia) i **Jaume Flexas** (professor de Fisiologia Vegetal). La voluntat de seguir el camí del naturalisme, l'acadèmia i la recerca, es deu en gran mesura per vosaltres.

La presència de **Luis Alberto** també ha estat clau per no dedicar la meitat de la meva jornada de camp en cercar plantes il·localitzables. A ell li dec que sempre ha estat obert a compartir localitzacions per enriquir els meus estudis.

Per anar acabant, he de parlar dels meus amics, qui han fet la duríssima tasca de fer-me desconnectar de la feina i de les plantes. Una persona que ha crescut acadèmicament amb mi i amb qui he compartit moltíssim la vida com a biòleg serverí és en **Miquel Joan**, a qui li dec totes les rialles i històries estiuenques que han descarregat l'estrès de la feina primaveral. Unes altres persones essencials han estat na **Victòria, Antònia, Carme, Cristina, Adri, Alba, Xisca, Javi, Joshua i Joana**, no tenc cap dubte que sense els sopars, capvespres, xerrades i experiències que hem viscut plegats, hauria acabat perdent al cap de tanta planta endèmica. Sou genials i vos estim molt!

Finalment, em falta esmentar a la meva família, la meva tia **Antònia Morey**, ha estat el referent familiar del que significa fer un doctorat i dedicar-se a l'acadèmia. Amb ella he pogut compartir molts de dubtes, il·lusions, consells... i la seva imatge m'ha servit com a guia per arribar aquí on sóc ara.

Sense cap dubte, el paper fonamental en el meu creixement personal ha estat el de la **meva mare, Xisca**, el **meu pare, Biel**, i el **meu germà Joan** qui han tingut la enorme paciència de sentir-me parlar d'exàmens, feina, feina, feina... i de veure'm tot lo dia amb plantes i a l'ordinador escrivint coses en anglès. La seva perseverança, estima i coratge han estat claus ara, abans i sempre. També ho han estat els meus padrins, amb qui tantes hores he passat de petit al camp, a la muntanya, veient plantes, agafant ametlles o garroves, sembrant... no tinc cap dubte que el meu interès per les plantes i la natura ha sigut gràcies a n'aquesta infància tan brillant que he tinguda al seu costat.

I per últim lloc, he de reconèixer el suport fonamental de n'**Agustí**, amb qui he compartit la millor i la pitjor part d'aquesta aventura. Ell ha estat i és el company d'aquest viatge del qual, inescotablement, ha mantingut el timó ferm i ha estat sempre perseverant quan necessitava suport i ànims. A mesura que la tesi anava construint-se, també ho ha fet de manera paral·lela la nostra història, i per això aquesta tesi doctoral de qualque forma també és seva.

Declaración de la tesis doctoral

La presente tesis doctoral se ha elaborado a partir de un compendio de artículos publicados o en vías de publicación. La estructura consta de Introducción, cinco Capítulos principales en los cuales se incluyen seis manuscritos, Discusión, Conclusiones y Anexos. El lenguaje usado en la estructura de la tesis doctoral es el Español, a excepción de los cinco capítulos principales cuyo idioma principal es el Inglés.

Los artículos publicados o en vías de publicación cuyo contenido se presenta en la tesis doctoral son los siguientes:

- Capó M, Engelbrecht C, Cardona C, Castells E, Bartolomé J, Ramoneda M, Baraza E. 2021. Mildly toxic shrubs as indicators of goats herbivory give information for the management of natural landscapes on Mediterranean islands. *Science of the Total Environment* 786: 147391. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.147391, JCR Impact Factor (2020): 7.96 [Q1, D1]
- Capó M, Roig-Oliver M, Cardona C, Cursach J, Bartolomé J, Rita J, Baraza E. 2021. Historic exposure to herbivores, not constitutive traits, explains plant tolerance to herbivory in the case of two *Medicago* species (Fabaceae). *Plant Science* 307: 110890. DOI 10.1016/j.plantsci.2021.110890, JCR Impact Factor (2020): 4.72 [Q1]
- Capó M, Cursach J, Rita J. 2020. Disentangling the pollination system of *Anacamptis longicornu* (Orchidaceae): from breeding system to spatio-temporal variation in reproductive success. *Plant Biosystems* 154(3): 306 - 315. DOI 10.1080/11263504.2019.1610110, JCR Impact Factor (2020): 2.84 [Q2]
- Capó M, Pérez-Barrales R, Cursach J, Garrido J, Baraza E, Rita J. 2021. Is the endemic flora of continental islands preadapted against introduced herbivores? *Oikos* (Under review). JCR Impact Factor (2020): 3.90 [Q1]
- Capó M, Cursach J, Baraza E, Rita J. 2021. Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on mediterranean islets. *Biodiversity and Conservation* (Under review). JCR Impact Factor (2020): 2.83 [Q2]
- Rita J, Capó M, Cursach J. 2021. The eradication of rabbits in islets is essential for the conservation of microinsular vegetation and narrow endangered flora: The case of *Medicago citrina* (Fabaceae) in s'Espartar islet (Balearic Islands, Spain). (In preparation)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	12
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABLAS	155
INTRODUCCIÓN	166
OBJETIVOS.....	29
CAPÍTULO 1.....	322
IS THE ENDEMIC FLORA OF CONTINENTAL ISLANDS PREADAPTED AGAINST INTRODUCED HERBIVORES?	333
CAPÍTULO 2.....	335
HISTORIC EXPOSURE TO HERBIVORES, NOT CONSTITUTIVE TRAITS, EXPLAIN PLANT TOLERANCE TO HERBIVORY IN THE CASE OF TWO <i>MEDICAGO</i> SPECIES (FABACEAE).....	37
CAPÍTULO 3.....	39
MILDLY TOXIC SHRUBS AS INDICATORS OF GOATS HERBIVORY GIVE INFORMATION FOR THE MANAGEMENT OF NATURAL LANDSCAPES ON MEDITERRANEAN ISLANDS.....	40
CAPÍTULO 4.....	42
DISENTANGLING THE POLLINATION SYSTEM OF THE FOOD-DECEPTIVE ORCHID <i>ANACAMPTIS</i> <i>LONGICORNU</i> (ORCHIDACEAE): FROM BREEDING SYSTEM TO SPATIO-TEMPORAL VARIATION IN REPRODUCTIVE SUCCESS	43
CAPÍTULO 5.....	45
ERADICATION OF FERAL GOATS, NOT POPULATION CONTROL, AS A STRATEGY TO CONSERVE PLANT COMMUNITIES ON MEDITERRANEAN ISLETS.	46
THE ERADICATION OF RABBITS IN ISLETS IS ESSENTIAL FOR THE CONSERVATION OF MICROINSULAR VEGETATION AND NARROW ENDANGERED FLORA: THE CASE OF <i>MEDICAGO CITRINA</i> (FABACEAE) IN S'ESPARTAR ISLET (BALEARIC ISLANDS, SPAIN).....	48
DISCUSIÓN	50
CONCLUSIONES.....	59
REFERENCIAS	62
ANEXO FOTOGRÁFICO	81

RESUMEN

Los herbívoros mamíferos no nativos introducidos en islas han sido una de las causas más importantes de alteración de las comunidades vegetales y pérdida de especies en todo el mundo. Incluso en el caso de las islas continentales, que pueden presentar un contexto de herbivoría ancestral debido a su antigua conexión con el continente, se han observado perturbaciones a causa de la presencia de herbívoros como cabras y conejos. Para protegerse ante la actividad de los herbívoros, las plantas presentan estrategias de resistencia, tolerancia o escape. Por ese motivo, resulta esencial esclarecer si las especies presentan algún tipo de protección o si por el contrario se encuentran amenazadas o la dinámica poblacional está severamente perturbada. El escenario de las Islas Baleares se presenta como el caso de estudio debido a (i) su contexto de herbivoría ancestral, (ii) su alta diversidad vegetal y proporción de flora endémica, (iii) la elevada presencia de cabras asilvestradas en sus comunidades vegetales. Se proponen conocer el rol de la herbivoría por mamíferos introducidos sobre la flora autóctona de las Islas Baleares y especialmente la endémica, así como la resiliencia de las poblaciones y comunidades insulares frente a la depredación. Se han estudiado los caracteres de resistencia de la flora endémica, se ha comparado la tolerancia a la herbivoría entre dos especies con distinto contexto de herbivoría ancestral -*Medicago citrina* y *Medicago arborea*-, se ha evaluado la dinámica poblacional de *Euphorbia dendroides*, especie ligeramente tóxica; el efecto de los herbívoros sobre la biología reproductiva en *Anacamptis longicornu* y el desarrollo de las comunidades vegetales tras la erradicación de conejos en un islote (s'Espartar) y la reducción drástica de cabras en otro (es Vedrà). Los resultados indican que la flora endémica de Mallorca y Menorca puede presentar caracteres de defensa y, en el caso de que así sea, puede coexistir con herbívoros. Sin embargo, las especies que carecen de defensa se ven reducidas en hábitats rupícolas inaccesibles. Además, se ha detectado que la tolerancia a los herbívoros es menor en el caso de carecer de contexto de herbivoría ancestral (*M. citrina*), a pesar de que la planta presente unas características favorables para el rebrote. En el análisis de la dinámica poblacional de *E. dendroides*, los estadios juveniles se ven infrarrepresentados en las zonas con presencia de cabras. Los dos escenarios de gestión estudiados en los islotes de Eivissa indican que la erradicación del conejo en s'Espartar resultó muy favorable para la recuperación de la comunidad vegetal, especialmente para la especie amenazada *M. citrina*, que presentó un crecimiento drástico; y la reducción de cabras en es Vedrà marcó una recuperación inicial de la vegetación pero a los pocos años se volvieron a reportar signos de afección. Se concluye que la presencia de herbívoros mamíferos no nativos supone un problema para la distribución de la flora endémica que carece de estrategias de resistencia, afecta al desarrollo de las poblaciones y comunidades insulares, y se considera que su correcta gestión es imprescindible para la estabilidad demográfica y reproductiva. En el caso de los islotes, se presenta la erradicación como el único método eficaz para garantizar la estabilidad ecológica.

RESUM

Els herbívors mamífers no nadius introduïts a les illes han estat una de les causes més importants d'alteració de les comunitats vegetals i de pèrdua d'espècies en tot el món. Fins i tot en el cas de les illes continentals, que poden presentar un context d'herbivorisme ancestral degut a la seva antiga connexió amb la península, s'han observat perturbacions a causa de la presència d'herbívors com cabres i conills. Per tal de protegir-se front a l'activitat dels herbívors, les plantes presenten estratègies de resistència, tolerància o escap. Per aquest motiu, resulta essencial aclarir si les espècies presenten cap tipus de protecció o si, pel contrari, es troben amenaçades o bé la seva dinàmica poblacional es troba severament perturbada. L'escenari de les Illes Balears es presenta com a cas d'estudi degut a (i) el seu context d'herbivorisme ancestral, (ii) la seva elevada diversitat vegetal i proporció de flora endèmica, (iii) l'elevada presència de cabres assilvestrades a les comunitats vegetals. Es proposa conèixer el rol de l'herbivorisme per mamífers introduïts sobre la flora autòctona de les Illes Balears, i especialment l'endèmica, així com la resiliència de les poblacions i comunitats insulars front a la depredació. S'han estudiat els caràcters de resistència de la flora endèmica, s'ha comparat la tolerància a l'herbivorisme en dues espècies amb distint context d'herbivorisme ancestral -*Medicago citrina* i *Medicago arborea*- s'ha avaluat la dinàmica poblacional d'*Euphorbia dendroides*, espècie lleugerament tòxica; l'efecte dels herbívors sobre la biologia reproductiva en *Anacamptis longicornu* i el desenvolupament de les comunitats vegetals després de l'erradicació de conills a un illot (s'Espartar) i la reducció dràstica de cabres a un altre (es Vedrà). Els resultats indiquen que la flora endèmica de Mallorca i Menorca poden presentar trets de defensa i, en el cas de que així sigui, poden coexistir amb herbívors. No obstant, les espècies que no tenen defenses es veuen reduïdes a hàbitats rupícoles inaccessibles. A més, s'ha detectat que la tolerància als herbívors és menor en el cas de no presentar un context d'herbivorisme ancestral (*M. citrina*), malgrat la planta presenti bones característiques per a rebrotar. En l'anàlisi de la dinàmica poblacional d'*E. dendroides*, els estadis juvenils es veuen infrarepresentats a les zones amb presència de cabres. Els dos escenaris de gestió estudiats als illots d'Eivissa indiquen que l'erradicació del conills a s'Espartar va resultar molt favorable per a la recuperació de la comunitat vegetal, especialment per a l'espècie amenaçada *M. citrina*, que va presentar un creixement dràstic; i la reducció de cabres a es Vedrà marcà una recuperació inicial de la vegetació però als pocs anys es van tornar a enregistrar signes de depredació. Es conclou que la presència d'herbívors mamífers no nadius suposa un problema per a la distribució de la flora endèmica que no presenta resistència contra l'herbivorisme i es considera que la correcta gestió d'aquests herbívors és imprescindible per a l'estabilitat demogràfica i reproductiva. En el cas dels illots, es presenta l'erradicació com a únic mètode eficaç per a garantir l'estabilitat ecològica.

ABSTRACT

Introduced non-native mammal herbivores on islands have been one of the most important causes of plant communities disturbance and loss of species around the globe. Even in continental islands, where ancient herbivory context might be present due to their past connection to the mainland, disturbances caused by the presence of herbivores such as goats and rabbits have been reported. In order to protect against herbivores, plants have developed strategies of resistance, tolerance or escape. In this sense, it is essential to disentangle if species are protected or if, on the contrary, they are threatened or the population dynamics are severely affected. The scenario of the Balearic Islands is presented as a study case because (i) its ancient herbivory context, (ii) its high plant diversity and high rate of endemism, (iii) the high presence of feral goats on its plant communities. In this thesis, I aim to study the role of introduced mammal herbivores on Balearic plant species, taking special attention to endemics, and the resilience of insular plant communities against predation. Resistance traits related to herbivory have been reported for the Balearic endemic flora and the tolerance capacity has been compared between two species that differs in their ancient herbivory context -*Medicago citrina* and *Medicago arborea*-, the population dynamics of the mildly toxic shrub *Euphorbia dendroides* has been assessed; the effect of herbivores to plant fitness has been evaluated in *Anacamptis longicornu* and the recovery of plant communities after the eradication of rabbits in an islet (s'Espartar) and the reduction of goats population in another (es Vedrà). Results indicate that the endemic flora of Mallorca and Menorca might present resistance traits and, if so, they can coexist with feral herbivores. If they lack defenses, their ecological distribution is reduced to inaccessible habitats such as rupicolous communities. Moreover, I reported that tolerance capacity is lower when herbivores are absent from the ancient herbivory context (*M. citrina*) despite the good constitutive status. In the case of population dynamics studied in *E. dendroides*, juveniles are overrepresented in areas with goats. The two management scenarios assessed in islets revealed that eradication of rabbits in s'Espartar was very positive for the recovery of plant communities, especially for *M. citrina* population that developed rapidly; and that reduction of goats performed in es Vedrà was followed by a recovery of plant communities but a few years later the herbivory impact was noticeable again. I conclude that the presence of introduced non-native mammal herbivores is affecting the ecological distribution of endemic flora of the Balearic islands that lack defenses against herbivores and that the proper management to control mammal herbivores is essential to maintain the demographic and reproductive stability of insular plant communities. In islets, eradication is the unique strategy able to avoid herbivory disturbance and guarantee the ecological stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.....	19
Figura 2.....	33
Figura 3.....	57
Figura 4.....	58
Figura 5.....	60

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.....	27
--------------	----

INTRODUCCIÓN

1. La interacción planta-herbívoro

Las primeras teorías ecológicas sobre la interacción planta-herbívoro aparecieron como respuesta a la enorme dependencia del hombre de la gestión de los ramoneadores domésticos y del impacto crítico de los insectos fitófagos sobre los cultivos (Gregory, 1983). Se define por herbivoría el proceso por el cual un animal consume estructuras de una planta aunque, con frecuencia, no conlleve la muerte del individuo (Crawley, 1983). Estas interacciones engloban situaciones muy diferentes: incluyen eventos de depredación causados por grupos de animales que abarcan toda la diversidad de éstos, desde pequeños insectos o larvas (Agrawal & Fishbein, 2006) hasta los grandes mamíferos como jirafas o elefantes (Codron, 2019). Por este motivo, las presiones evolutivas ejercidas sobre las plantas por la herbivoría pueden conllevar adaptaciones muy distintas entre sí, las cuáles es importante contextualizar en su escenario y orden de magnitud. Además, considerando que la herbivoría es un paso indispensable para la red trófica, su estudio resulta crucial para entender el funcionamiento de los ecosistemas (Loeuille *et al.*, 2002).

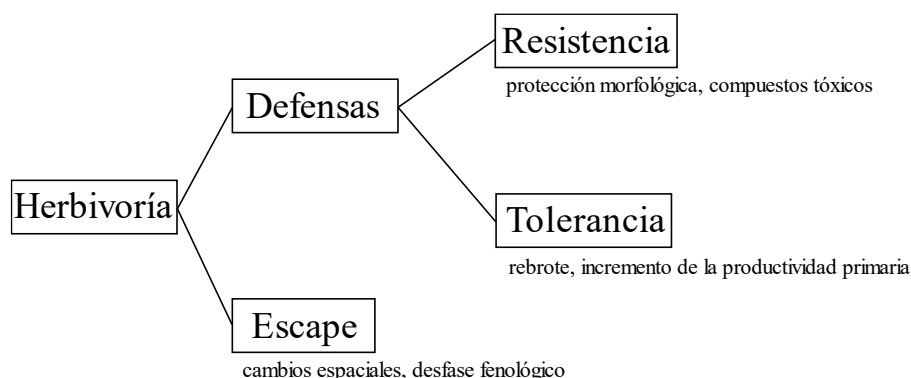


Figura 1. Mecanismos de respuesta de las comunidades vegetales delante de una interacción planta-herbívoro. Información extraída de Strauss & Agrawal (1999) y Agrawal & Fishbein (2006).

La interacción planta-herbívoro actúa como fuerza selectiva con que las plantas tienden a desarrollar defensas químicas o físicas para evitar ser depredadas (Mauricio, 2000) o bien generar mecanismos para compensar la depredación y sobrevivir (Strauss & Agrawal, 1999). A su vez, los herbívoros evolucionan mejorando sus sistemas de digestión y detoxificación de las defensas químicas mencionadas anteriormente (Freeland & Janzen, 1974; Provenza *et al.*, 2003; Torregrossa & Dearing, 2009). Las estrategias que han desarrollado las plantas para coexistir con herbívoros han sido estudiadas durante décadas (Strauss & Agrawal, 1999; Mauricio, 2000; Boege & Marquis, 2005; Agrawal & Fishbein, 2006) y se han sintetizado tres principales vías de acción: resistencia, tolerancia y escape (Figura 1).

1.1. Resistencia. Cómo evitar la depredación

Una de las estrategias que han adoptado las plantas para coexistir con herbívoros es el desarrollo de sistemas de protección que impidan la acción de los depredadores (Simms & Rausher, 1987). Estos sistemas de protección pueden ser de varios tipos, de los cuales se describen fundamentalmente dos: estructuras morfológicas que impiden físicamente el acceso a los tejidos de la planta, haciéndolos menos palatables (p.ej. espinas o pelos urticantes, etc.) y compuestos químicos tóxicos que inducen malestar e intoxicación a los depredadores, de modo que se genera una aversión condicionada hacia la planta (p.ej. glicósidos o cumarinas) (Iason & Villalba, 2006).

La producción de estas estructuras y compuestos requiere una inversión energética considerable (Simms & Rausher, 1987; Agrawal, 2000) y para que se establezca como mecanismo funcional es crucial que el coste de su desarrollo sea menor que el beneficio sobre el *fitness* de la especie (ver la teoría de la defensa óptima Hamilton *et al.*, 2001). La síntesis de los compuestos químicos tóxicos depende de muchos factores relacionados con el ambiente. La disponibilidad de los recursos (especialmente carbono y nitrógeno) determina qué compuestos y en qué cantidades serán usados como mecanismo de resistencia (Bryant *et al.*, 1983). Por otra parte, un factor determinante en la producción de estos compuestos protectores es la probabilidad de ser depredado. Las especies más abundantes de la comunidad, que tendrían una alta probabilidad de ser depredados de forma recurrente, acabarían por adquirir más compuestos de carácter cuantitativo (como polifenoles totales o taninos condensados), mientras que las especies depredadas eventualmente obtendrían compuestos de características cualitativas (como glicósidos o cumarinas)(ver la teoría de la apariencia en Feeny (1976) y Rhoades and Cates (1976)).

En algunas ocasiones, las estructuras y compuestos relacionados con la resistencia contra herbívoros se originan como respuesta a otro estrés -biótico o abiótico- y adquiere la doble función en la ecología de la planta (p.ej. las espinas son útiles para proteger la arquitectura de la planta de la radiación ultravioleta o del exceso de sal en los aerosoles de las costas litorales, y además, pueden impedir a los herbívoros acceder a las hojas, flores y frutos). Estos compuestos se denominan compuestos secundarios de defensa (Bennet & Wallsgrove, 1994)), aunque en ocasiones es difícil discernir cuál es la función principal que ha motivado la aparición de dicho carácter y qué otras funciones secundarias han adquirido. Además, la combinación de varios compuestos defensivos puede tener un efecto sinérgico más eficaz que si se presentaran en el organismo por separado (Berenbaum *et al.*, 1991).

Los mecanismos de acción de los compuestos tóxicos son muy distintos entre sí y dependen de su naturaleza. Las formas en las que pueden afectar a los herbívoros abarcan desde una disminución de su valor nutricional y palatabilidad (Hartley & Jones, 1997) hasta intoxicaciones que acaban

derivando en la muerte del animal (Gleadow & Woodrow, 2002). Algunos compuestos, como la lignina reducen la capacidad del herbívoro de digerir correctamente la biomasa y reducen la riqueza nutricional de la planta (Tiimonen *et al.*, 2005). Otras moléculas, como los taninos, pueden causar trastornos estomacales y alteraciones en la digestión en los herbívoros (Cooper & Owen-Smith, 1985). En los casos más severos pueden tener efectos neurotóxicos (p.ej. coumarinas) (Lake, 1999) o cardiotónicos (p.ej. glicósidos) que usualmente van asociados a altas tasas de mortalidad (Majak, 1991). Su naturaleza es también muy variable y usualmente está relacionada con el origen filogenético de la especie (Agrawal & Weber, 2015). Por otra parte, algunas especies presentan proteasas (Konno, 2011), otras lisozimas o quitinasas (Sytwala *et al.*, 2015) o también ésteres diterpénicos (Ghaedi *et al.*, 2016) entre otras moléculas comunes (p. ej. polifenoles, flavonoides o saponinas).

Las estructuras y compuestos relacionados con la resistencia a la herbivoría son energéticamente costosas de mantener (Simms & Rausher, 1987) y su concentración en los tejidos puede disminuir si la presión de los herbívoros desaparece o se reduce, a no ser que dichos caracteres tengan una función secundaria aún-importante (Bowen & Van Vuren, 1997). Cuando los herbívoros desaparecen del contexto evolutivo de las comunidades, y las plantas mediante procesos evolutivos reinvierten sus recursos destinados a la resistencia para otras finalidades biológicas, se considera que ha sucedido un proceso de *enemy release* (Keane & Crawley, 2002). Algunos autores han considerado que existe compromiso entre la inversión en resistencia contra herbívoros y en el crecimiento de la planta (Messina *et al.*, 2002).

A pesar de la adquisición de estos caracteres de resistencia, los animales también desarrollan mecanismos para poder tolerar dichos compuestos y mantener su alimentación. Hay moléculas capaces de degradar, excretar o detoxificar los compuestos tóxicos, de forma que el organismo pueda asumir pequeñas pero frecuentes cantidades de biomasa (Freeland & Janzen, 1974; Provenza *et al.*, 2003; Torregrossa & Dearing, 2009). La constante coevolución de los herbívoros y de las especies vegetales depredadas es lo que mantiene a ambos actores presentes en el contexto ecológico y estabiliza su interacción para que ninguno de los dos actores resulte perjudicado hasta tal punto de extinguirse.

1.1. Tolerancia. Sobrevivir a los herbívoros

Otra manera de coexistir con herbívoros en el ecosistema es mediante la tolerancia a la herbivoría, que se define como la capacidad de asumir la depredación y responder ágilmente para recuperar las estructuras perdidas lo más rápido posible (Stowe *et al.*, 2000; Myers & Kitajima, 2007; Stevens *et al.*, 2008). Además, se incluye también dentro de tolerancia todos los caracteres previos a la depredación que predisponen una buena capacidad de respuesta (Fornoni, 2011). Por este motivo, se

han categorizado los caracteres relacionados con la tolerancia a la herbivoría en dos grupos: los parámetros constitutivos (también conocidos como parámetros de tolerancia potencial) y los parámetros de respuesta inducida (también llamados parámetros de tolerancia real).

Los parámetros constitutivos relacionados con la fisiología de la planta que han resultado ser eficientes ante situaciones de depredación en estudios previos son: altas tasas fotosintéticas (Houle & Simard, 1996), altos valores de fluorescencia de la clorofila -como aproximación a la captación de luz- (Madriaza *et al.*, 2018), altas tasas de transporte de electrones (Barton, 2016) o bajos niveles basales de estrés oxidativo (Felton *et al.*, 1994). Otros parámetros de crecimiento también han demostrado una buena predisposición a la tolerancia, como la presencia de reservorios de nitrógeno en las raíces o la elevada biomasa en las estructuras del subsuelo -como raíces y nódulos- (Strauss & Agrawal, 1999).

Por otra parte, los caracteres cruciales para determinar la tolerancia real de las plantas se basan en los mecanismos que desarrollan una vez depredadas. Según la revisión de Tiffin (2000), los parámetros que se atribuyen a una respuesta eficiente son: (1) incremento de la fotosíntesis en los tejidos que no han sido depredados, (2) rebrote rápido en los meristemas de las partes vegetativas, (3) transporte de los nutrientes almacenados en la parte subterránea hacia las estructuras aéreas para promover su recuperación y (4) adelanto de su floración para producir la siguiente generación antes de una completa depredación.

En algunos casos la coevolución planta-herbívoro ha favorecido la sobrecompensación, que implica una mejora en *fitness* de la planta (el crecimiento, desarrollo y reproducción) cuando sufre eventos de herbivoría (Belsky *et al.*, 1993). En este caso, la herbivoría se considera como un mutualismo puesto que ambas partes se ven beneficiadas de la interacción (Agrawal, 2000).

El origen de la tolerancia comúnmente se debe al contexto ecológico de la especie en cuestión (p.ej. una exposición histórica a herbívoros que les ha conducido a su coevolución) (Kessler & Baldwin, 2002). Aun así, hay otros casos en los que una especie, a pesar de vivir en ambientes donde los herbívoros están ausentes, pueden mantener los mecanismos de tolerancia si su linaje filogenético ha desarrollado dichos caracteres (Armstrong & Westoby, 1993). Sin embargo, si la ausencia de herbívoros se prolonga en el tiempo, la capacidad de tolerar la depredación puede tender a desaparecer (Vourc'h *et al.*, 2001).

1.2. Visión general de las defensas contra la herbivoría

Tradicionalmente se consideraba que existía un *trade-off* entre los rasgos adquiridos para desarrollar resistencia y los de tolerancia contra la herbivoría. Así como se explica en Mauricio (2000), las especies que han invertido en caracteres que impiden por completo la depredación no habrían

desarrollado mecanismos de rebrote y recuperación puesto que nunca llegaría a ser comida. En el sentido opuesto, las especies que han sido depredadas y han desarrollado mecanismos de compensación para recuperar la biomasa perdida no necesitarían invertir sus recursos energéticos en generar defensas.

Aunque se considerara esta hipótesis en el contexto general, numerosos experimentos han encontrado que la resistencia y la tolerancia no son excluyentes y que pueden darse ambas en mayor o menor grado para garantizar una coexistencia óptima con los herbívoros (Pilson, 2000; Puustinen *et al.*, 2004; Núñez-Farfán *et al.*, 2007). De hecho, especies con caracteres de ambas respuestas de defensas pueden presentar genotipos más resistentes y genotipos más tolerantes, los cuales modulan aspectos esenciales para la estabilidad poblacional como la variabilidad genética o el mosaico ecológico (Bailey & Schweitzer, 2010).

Así como se observa en la Figura 2 obtenida de Bailey y Schweitzer (2010), las estrategias de defensa contra herbívoros permiten la supervivencia y el mantenimiento de la variabilidad genética de las poblaciones. Además, las especies que presenten ambos mecanismos tienen la habilidad de colonizar una mayor heterogeneidad de hábitats y hay efectos indirectos beneficiosos sobre sus interacciones asociadas. Únicamente en los casos donde los herbívoros sean introducidos y, por tanto, no exista una coevolución previa, la supervivencia y la estabilidad ecológica de las poblaciones se ve comprometida y las vías de supervivencia deberían ir dirigidas a evadir la presencia de los herbívoros.

1.3. Escape. Estrategias para evitar la interacción

Las especies que carecen de mecanismos para defenderse desaparecen de las zonas accesibles para los herbívoros (Hardion *et al.*, 2016) o bien modifican su hábitat para no coexistir con ellos (Pisanu *et al.*, 2012). En este contexto, si las especies desaparecen de las zonas con presencia de herbívoros, se considera que han realizado un escape espacial en el cual la corología de la planta se ve condicionada por la presencia de los depredadores (Milne-Rostkowska *et al.*, 2020). Los casos más clásicos son las islas e islotes, que en ocasiones actúan como reservorio de especies que no presentan defensas contra los herbívoros (Bowen & Van Vuren, 1997).

En otras ocasiones, las especies pueden mantener su distribución geográfica original a pesar de carecer de protección contra los herbívoros debido a características estructurales y fenológicas favorables. Por ejemplo, algunas especies presentan un tamaño suficientemente reducido como para pasar desapercibidas por los depredadores (Gange & Brown, 1989; Alonso & Herrera, 1996), o bien la época de crecimiento en su ciclo fenológico les permite reducir la probabilidad de ser consumida

por herbívoros en momentos del año donde los recursos son limitados (Aide, 1992; Parachnowitsch *et al.*, 2012).

Las especies que no presenten estrategias de resistencia, tolerancia ni escape, sí que verán afectada su distribución geográfica, limitándose a áreas inaccesibles para herbívoros o donde su actividad sea mucho menor (Strauss & Agrawal, 1999). Este escenario es particularmente vulnerable en ambientes cuyos límites geográficos sean muy reducidos, como es el caso de los ecosistemas insulares (Coblentz, 1978; Bowen & Van Vuren, 1997).

2. Los herbívoros nativos e introducidos en las islas Baleares

2.1. El origen de los herbívoros en islas continentales

Para entender los procesos por los cuales la interacción con los herbívoros ha sido mediada evolutivamente, hay que considerar el origen de las islas. De forma general, se pueden clasificar las islas en dos tipos según su origen: oceánicas (aparición mediante el afloramiento a la superficie de pliegues submarinos mediante presiones geológicas, como por ejemplo, erupciones volcánicas) (Cotton, 1969) y continentales (movimientos de las placas tectónicas que ejercen fuerza en determinadas zonas del continente hasta fragmentarlo y aislar parte de su superficie) (Rosenbaum *et al.*, 2002). En el primer escenario, cabe considerar que la colonización de las islas parte *de novo* a partir de la llegada de los seres vivos desde otros territorios y genera comunidades vegetales que evolucionarán en ausencia de herbívoros nativos (Stone *et al.*, 1994). Por otra parte, el origen continental implica que la formación de las islas lleva consigo su propia flora y fauna presente en el continente y que a partir de ese momento seguirán su vía evolutiva en condiciones de insularidad. Por ese motivo, en estas islas puede haber animales y plantas sin mecanismos de dispersión a larga distancia porque ya estaban en esas tierras antes de que se convirtieran en islas. Este es el caso de los mamíferos herbívoros nativos presentes en las islas continentales, que han implicado procesos evolutivos mediante interacciones planta-herbívoro que serían completamente inexistentes en las islas oceánicas (Burbidge & Manly, 2002).

En el mar Mediterráneo, donde abundan las islas de origen continental, existen registros fósiles que constatan la existencia desde micromamíferos (Vogel & Sofianidou, 1996) hasta artiodáctilos (Croft *et al.*, 2006; Bover *et al.*, 2010) endémicos en el intervalo Plio-Pleistoceno. Los cambios climáticos bruscos originados a lo largo de la historia geológica y el asentamiento del hombre fueron las principales causas por las cuales dichos herbívoros insulares nativos terminaron desapareciendo (Bover *et al.*, 2016). Entre los herbívoros insulares nativos más significativos, destacan los ungulados del género *Myotragus* sp., localizados en varias islas del archipiélago Balear y que incluye distintas especies originadas a causa de las condiciones de insularidad (Bover *et al.*, 2008). A pesar de que se

desconoce la causa y el momento exacto de su extinción, los registros fósiles indican que este ungulado llegó a coexistir con los primeros hombres colonizadores (Bover *et al.*, 2016).

2.2. Herbívoros ancestrales en el archipiélago balear

Los últimos registros fósiles de herbívoros mamíferos nativos de Baleares fueron datados en depósitos del Pleistoceno (Mein & Adrover, 1982), que fue seguida de otros registros más abundantes datados después de la crisis salina del Mesiniense, causada por el cierre del estrecho de Gibraltar y la desecación del mar Mediterráneo. En ese momento, las Islas Baleares estuvieron conectadas con el continente, lo que permitió la llegada de nuevos herbívoros como el caso del bóvido del género *Myotragus* en la isla de Mallorca. Posteriormente, debido a las glaciaciones, el nivel del mar descendió permitiendo una nueva conexión entre Mallorca y Menorca, de modo que el bóvido presente en Mallorca llegó a colonizar Menorca. A partir de ese momento (Pleistoceno temprano) y hasta el Holoceno, los bóvidos nativos de ambas islas fueron evolucionando en condiciones de insularidad, dando lugar a varias cronoespecies (especies que han surgido una a partir de la anterior a través del tiempo; (Stanley, 2018). El progresivo enanismo y cambios en la dentición dieron lugar a una especie final endémica de Gimnesias, llamada *Myotragus balearicus* (Bover *et al.*, 2008; Palombo *et al.*, 2013; Winkler *et al.*, 2013). Mientras, las Pitiusas se mantuvieron libres de herbívoros. El efecto de la herbivoría por *M. balearicus* no está del todo resuelto y existe aún debate sobre el tema, aunque se conoce que su alimentación se basaba en las especies más abundantes de esa época, principalmente *Buxus balearica*, entre otras (Alcover *et al.*, 1999; Rivera *et al.*, 2012).

2.3. La extinción de los herbívoros nativos y la llegada de los herbívoros introducidos

La llegada del hombre a las islas Baleares implicó un cambio significativo en el ecosistema insular. Se considera que las primeras poblaciones humanas colonizadoras llegaron a las islas hace unos 4.000 años, casi coincidiendo con los últimos registros del ungulado endémico *Myotragus balearicus* (Figura 3, Bover *et al.*, 2016). No está claro el motivo de la desaparición del herbívoro nativo, que algunos atribuyen al relevante cambio climático que ocurrió en ese periodo aunque en otros trabajos se desmiente y se atribuye a causas antrópicas seguramente relacionadas con la caza (Welker *et al.*, 2014; Bover *et al.*, 2016). En cualquier caso, el escenario más plausible hasta la fecha incluiría una continuidad entre las últimas poblaciones naturales de *M. balearicus* y los herbívoros introducidos por los humanos, principalmente cabras y ovejas (Mayol *et al.*, 2017).

Los ungulados introducidos en las islas e islotes de Baleares han estado presentes desde ese momento hasta la fecha, usados con finalidades ganaderas o cinegéticas y, a pesar de encontrarse de

forma asilvestrada, sus poblaciones se han mantenido gestionadas por la actividad humana. Como usualmente ocurre con las especies domésticas, a lo largo del tiempo, a causa de la selección artificial por ganaderos y pastores, se desarrollaron razas autóctonas en Mallorca y en Ibiza que han sido objeto de aprovechamiento cinegético aún en la actualidad (Mayol *et al.*, 2017).

Durante la década de 1960, el cambio en el uso del territorio, consecuencia del inicio del sector turístico, implicó un abandono de las poblaciones de ungulados asilvestrados en los espacios montañosos de Mallorca y en algunas zonas de Menorca (Vives & Baraza, 2010). Debido a la rápida tasa de reproducción de las hembras (Mayol *et al.*, 2017) y la ausencia de control biológico, tanto natural como antrópico, sus poblaciones han crecido exponencialmente. Actualmente, las autoridades ambientales consideran la sobrepoblación de cabras asilvestradas como un problema ambiental y frecuentemente se realizan descastes para reducir sus poblaciones (Mayol *et al.*, 2017).

Por otra parte, coincidiendo con la llegada del hombre, también se introdujeron en el ecosistema insular micromamíferos herbívoros como ratas y conejos, que rápidamente se dispersaron por todas las islas principales (Traveset *et al.*, 2009). Por el movimiento marítimo que había alrededor del archipiélago, las ratas fueron introducidas también en otras islas como Dragonera y Cabrera, e incluso en una elevada proporción de islotes como es Vedrà, sa Conillera, etc. Experiencias de erradicación de estos micromamíferos en islotes, realizadas durante la última década, han demostrado cambios significativos en las comunidades vegetales (Latorre *et al.*, 2013).

2.4. Los ungulados introducidos y sus diferencias con los ungulados nativos

Algunos autores han considerado que el nicho ecológico de *M. balearicus* podría haber sido ocupado por los nuevos herbívoros (Seguí *et al.*, 2005). Por el contrario, otros autores aseguran que el contexto ecológico y la biología de la interacción planta-herbívoro que implicaba la presencia de herbívoros como *M. balearicus*, difieren significativamente de la que se dan actualmente con las cabras (Mayol *et al.*, 2017).

Un sistema regulador importante es la presencia de depredadores en la comunidad. En el caso del *M. balearicus*, se ha documentado una severa depredación por parte de varias especies del género *Aquila* sp. (Alcover & McMinn, 1994), que seguramente no solo controlarían su densidad poblacional sino que posiblemente delimitaba las zonas en donde el herbívoro podía vivir (Mayol *et al.*, 2017). Por el contrario, en los sistemas microinsulares no existen depredadores naturales de las cabras, de forma que el riesgo de sobrepoblación y de adquirir un carácter invasor es grave. Además, otra característica esencial que difiere entre los herbívoros introducidos y los nativos es la forma de alimentación. *M. balearicus* poseía una dentición y un sistema locomotor muy distinto al de los

ungulados actuales (Alcover *et al.*, 1999). Geográficamente, la distribución de los fósiles de *M. balearicus* sugiere que se concentraban principalmente en las zonas bajas de la isla, como en las llanuras o en las faldas de las montañas (Alcover & Bover, 2005), mientras que las cabras no nativas se concentran mayormente en las zonas de montañas, y en particular en la Serra de Tramuntana y en las montañas de Llevant. Estas diferencias entre cabras y *Myotragus* abren la incógnita de si las adaptaciones a la herbivoría que posiblemente desarrolló la flora de las islas por la presencia de *Myotragus*, son igualmente útiles ante las cabras actuales.

3. Flora insular y su grado de amenaza por herbívoros introducidos

El conflicto que supone la presencia de herbívoros no nativos en los ecosistema insulares se produce en muchas islas del mundo (Diamond, 1989), en varias de las cuales se han llevado a cabo erradicaciones para paliar sus efectos negativos (Campbell & Donlan, 2005), incluyendo la cuenca mediterránea (Capizzi, 2020). La presencia de herbívoros introducidos afecta a la vegetación de forma directa, depredando las especies que conforman la comunidad, o bien de forma indirecta, alterando la composición del suelo o fragmentando y erosionando los hábitats (Coblentz, 1978; Desender *et al.*, 1998).

En el caso de especies endémicas de islas, la amenaza es mayor puesto que la desaparición de sus poblaciones puede llevar a la especie hacia la extinción (Pisanu *et al.*, 2012; Doherty *et al.*, 2016; Bellard *et al.*, 2016a). Existen varios ejemplos en los que la introducción de herbívoros ha implicado amenazas graves para la flora endémica insular, como el caso del archipiélago de Hawái (Eijzena, 2011; Barton & Hanley, 2013), Galápagos (Campbell *et al.*, 2004; Carrion *et al.*, 2011), la isla de Santa Cruz (California, EUA) (Bowen & Van Vuren, 1997; Beltran *et al.*, 2014) o en las islas Canarias (Nogales *et al.*, 2006).

A continuación, se exponen dos escenarios en donde los herbívoros, a pesar de que no necesariamente impliquen una desaparición directa de las poblaciones insulares de especies vegetales, afectan a su demografía y estabilidad a largo plazo.

3.1. Interferencia de los herbívoros introducidos en la biología reproductiva

A pesar de que la mayoría de estudios basan sus trabajos en estudiar el efecto de los herbívoros sobre las partes vegetativas de las plantas (Strauss & Agrawal, 1999), en algunos casos la depredación se dirige a las partes reproductivas, como flores (McCall & Irwin, 2006), frutos (Cowan & Waddington, 1990) o semillas (Latorre *et al.*, 2013). En estos casos, resulta crucial evaluar si, a pesar de que el individuo adulto sobreviva a la depredación, la reducción de su *fitness* puede implicar problemas a

largo plazo en la composición de la población (Mothershead & Marquis, 2000). Además, puede existir una interferencia con otras interacciones ecológicas importantes como la polinización (Riba-Hernandez & Stoner, 2005; McCall, 2008) o la dispersión de semillas (Traveset & Richardson, 2006).

3.2. Efectos de los herbívoros introducidos sobre la estructura poblacional

En otros casos, los herbívoros pueden afectar de forma diferente a los individuos de una misma especie en función de su ontogenia (Gruntman & Novoplansky, 2011). A pesar de que los individuos adultos puedan presentar defensas contra los herbívoros, las fases juveniles pueden ser vulnerables a los depredadores (Barton & Hanley, 2013). De hecho, existe una relación inversa entre la inversión de recursos para defensa y para crecimiento (Messina *et al.*, 2002; Boege & Marquis, 2005). De este modo, se reduce o desaparece el reclutamiento de estadios juveniles implicando un envejecimiento de la estructura poblacional (Rhodes *et al.*, 2017). De forma contraria, cuando se realizan exclusiones de herbívoros, la estructura poblacional se rejuvenece (Faast & Facelli, 2009; Pisanu *et al.*, 2012).

Estos efectos se agravan en especies amenazadas o de reducida distribución, como el caso de especies relictas (Gómez-Aparicio *et al.*, 2005) o de especies endémicas (Barton, 2016). De hecho, la depredación de plántulas por parte de los herbívoros introducidos ha causado extinciones locales de algunas especies, como el caso de *Medicago citrina* en la isla de Cabrera (Latorre *et al.*, 2013).

4. Impacto de los herbívoros introducidos en las Islas Baleares

Los efectos de los herbívoros son difíciles de evaluar por la frecuente ausencia de datos sobre densidades y distribución. Concretamente, en el caso de los ungulados, se ha observado que su alimentación presenta cambios estacionales, y las plantas seleccionadas dependen de la composición de la comunidad (Rivera Sánchez, 2014). Las zonas más amenazadas por la presión de los ungulados son aquellas con alta representación de flora endémica, como el caso de las cumbres de la Serra de Tramuntana de Mallorca (Moragues *et al.*, 2015). Concretamente, las especies amenazadas por la presencia de cabras y ovejas en sus hábitats naturales en Serra de Tramuntana se resumen en la Tabla 1, obtenida a partir de Mayol *et al.* (2017)

En el particular caso de *Naufraga balearica* Constance & Cannon, Cursach *et al.* (2013) constataron que la depredación por ungulados no era evidente, mientras que sí había una afección considerable en otras especies competidoras del entorno. De este modo, la acción de los herbívoros implica un beneficio para el endemismo al mejorar su competitividad por el espacio. Sin embargo, la presencia de cabras supone también un efecto negativo para la especie, al incrementar la nitrificación del suelo y promover la erosión del hábitat (Cursach *et al.*, 2013; Sáez *et al.*, 2017).

Por otra parte, el efecto de micromamíferos herbívoros como ratas y conejos también ha conllevado efectos negativos para el desarrollo y la conservación de las especies endémicas y amenazadas de las Islas Baleares. Latorre *et al.* (2013) detectan un efecto negativo en el endemismo *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter causado por la depredación de semillas y plántulas por parte de ratas y conejos. Particularmente, se atribuye que la ausencia y falta de reclutamiento de esta especie en la isla principal del archipiélago de Cabrera es debido a la elevada densidad de ratas y conejos depredadores de semillas y estructuras vegetales (Santamaría *et al.*, 2007).

A pesar de todo, aún se requiere estudiar con profundidad los efectos de los herbívoros introducidos sobre poblaciones de especies autóctonas, y especialmente endémicas, para evaluar el grado de afectación y el riesgo de amenaza. Por ello, esta tesis doctoral se propone generar conocimiento sobre la respuesta de las especies insulares frente a la presencia de herbívoros introducidos y generar más conocimiento sobre la estabilidad de las poblaciones y comunidades vegetales en este escenario. Los resultados no únicamente pretenden revelar el rol de los herbívoros sobre la vegetación insular balear, sino que evaluarán la preadaptación y vulnerabilidad de la flora de islas continentales ante la presencia de mamíferos herbívoros no nativos, de forma que la información será extrapolable a otros archipiélagos continentales.

Tabla 1. Especies amenazadas de la Serra de Tramuntana y su principal causa (Mayol *et al.*, 2017)

Especie	Cabras	Pérdida de hábitat	Otros
<i>Agrostis barceloi</i>	X	X	
<i>Cotoneaster majoricensis</i>	X		
<i>Coristospermum huteri</i>	X	X	
<i>Naufraga balearica</i>	X	X	
<i>Thymus herba-barona</i>			X
<i>Arenaria bolosii</i>	X	X	
<i>Cephalantera rubra</i>	X		
<i>Dianthus rupicola</i>	X		
<i>Dorycnium fulgurans</i>		X	
<i>Euphorbia fontqueriana</i>	X	X	
<i>Gymnadenia conopsea</i>	X		
<i>Neottia nidus-avis</i>	X		
<i>Orchis cazorlensis</i>	X		
<i>Pimpinella bicknellii</i>			X
<i>Ranunculus weyerlii</i>	X		
<i>Brimeura duvigneaudii</i>			

OBJETIVOS

Este trabajo pretende evaluar los efectos en la vegetación de la población de herbívoros no nativos en las Islas Baleares desde una perspectiva multiescalar. Por una parte, se han estudiado los mecanismos de respuesta a los herbívoros que presentan las especies endémicas; y por otra, el efecto real de los herbívoros en las comunidades vegetales insulares bajo distintos enfoques. Por todo ello, el objetivo principal de la tesis doctoral se constituye como:

Conocer el rol de la herbivoría por mamíferos introducidos sobre la flora autóctona de las Islas Baleares y especialmente la endémica, así como la resiliencia de las poblaciones y comunidades insulares frente a la depredación.

Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

Mecanismos de resistencia, tolerancia y escape de la flora endémica balear

1. Verificar la vulnerabilidad y la preadaptación de la flora endémica de las islas continentales, usando las Islas Baleares como caso de estudio.
2. Evaluar los parámetros constitutivos e inducidos de la tolerancia a la herbivoría en casos dónde la flora endémica se halla en ambientes libres de herbívoros.

Efecto de los herbívoros en las comunidades vegetales insulares

3. Evaluar el efecto de la herbivoría sobre la estructura poblacional de especies poco palatables, tomando *E. dendroides* como caso de estudio.
4. Evaluar el efecto de la exclusión de herbívoros en el éxito reproductivo de poblaciones insulares, usando como modelo *Anacamptis longicornu*.
5. Monitorizar las comunidades microinsulares y especialmente las poblaciones de especies endémicas en dos escenarios: la reducción de cabras en un islote y la erradicación de conejos en otro.

Los objetivos se resolverán mediante la elaboración de cinco análisis, de los cuales se propone obtener la información para conseguir resultados útiles así como se resumen en la Figura 2.

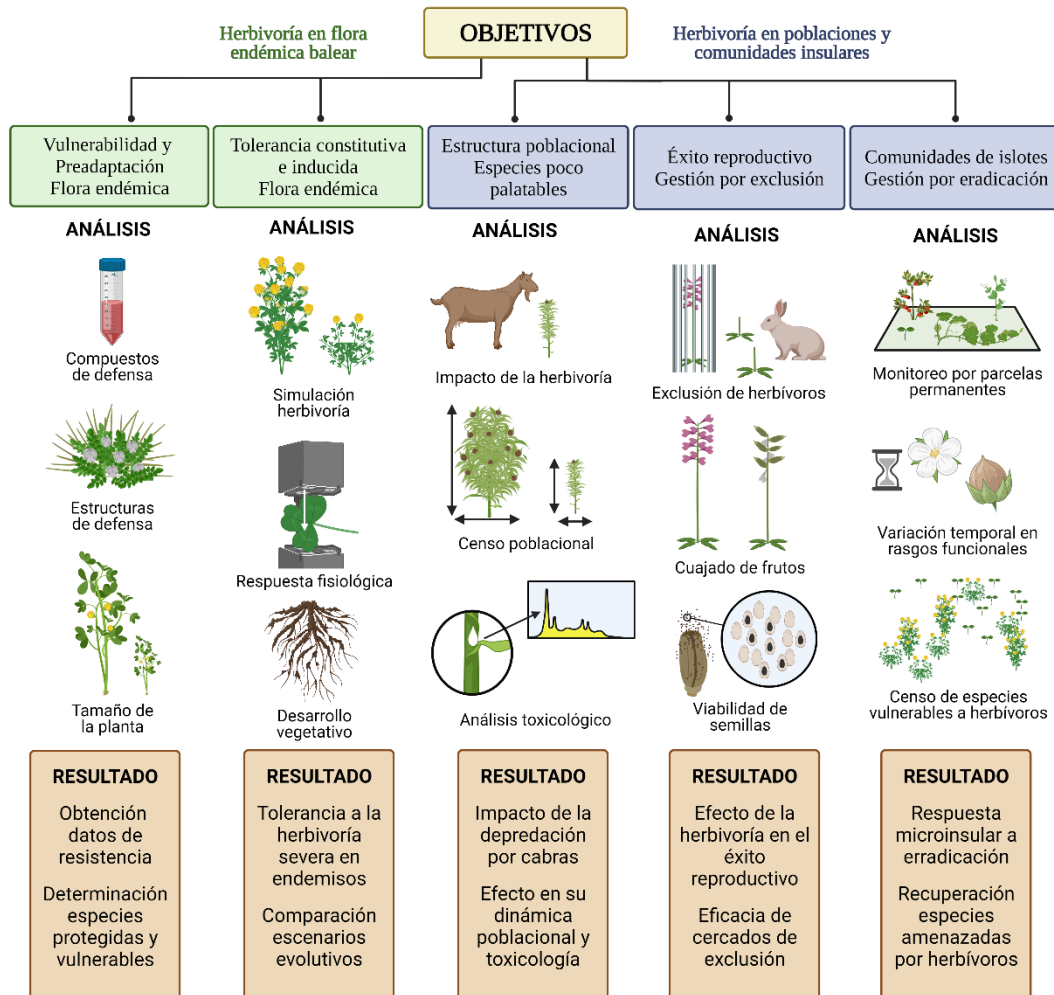


Figura 2. Síntesis de los objetivos de la tesis doctoral, los análisis que se proponen para resolverlos y la información que se espera obtener.

Capítulo 1.

Mecanismos de resistencia y escape a la herbivoría por cabras presentes en la flora endémica balear.



Manuscript I

Is the endemic flora of continental islands preadapted against introduced herbivores?

Manuscript I

Is the endemic flora of continental islands preadapted against introduced herbivores?

Miquel Capó¹, Rocío Pérez-Barrales^{2,3}, Joana Cursach¹, Jaume Garrido¹, Elena Baraza¹, & Juan Rita¹

¹Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions, Biology Department, University of Balearic Islands, Palma, Spain.

²School of Biological Sciences, King Henry Building, University of Portsmouth, Portsmouth, UK.

³Botany Department, University of Granada, Spain.

Corresponding author: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Oikos (Under review)

Capó M, Pérez-Barrales R, Cursach J, Garrido J, Baraza E, Rita J. 2021. Is the endemic flora of continental islands preadapted against introduced herbivores? *Oikos* (en revision).

Capítulo 2.

Tolerancia a la herbivoría en endemismos baleares que carecen de herbívoros en su contexto ecológico.



Manuscript II

Historic exposure to herbivores, not constitutive traits, explain plant tolerance to herbivory in the case of two *Medicago* species (Fabaceae).

Manuscript II

Historic exposure to herbivores, not constitutive traits, explain plant tolerance to herbivory in the case of two *Medicago* species (Fabaceae).

Miquel Capó¹, Margalida Roig-Oliver¹, Carles Cardona², Joana Cursach¹, Jordi Bartolomé³, Juan Rita¹, Elena Baraza¹

¹Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions, Department of Biology, Faculty of Sciences, University of Balearic Islands, Palma 07122, Spain.

²Centre Forestal de les Illes Balears, Institut Balear de la Natura, Gremi Corredors, 10 (Pol. Son Rossinyol) Palma 07009, Spain.

³Small Ruminant Research Group, Department of Animal and Food Science, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra 08193, Spain.

Corresponding author: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Plant Science 307: 110890, 2021

DOI: 10.1016/j.plantsci.2021.110890

Capó M, Roig-Oliver M, Cardona C, Cursach J, Bartolomé J, Rita J, Baraza E. 2021. Historic exposure to herbivores, not constitutive traits, explains plant tolerance to herbivory in the case of two *Medicago* species (Fabaceae). *Plant Science* (307) 110890. DOI: 10.1016/j.plantsci.2021.110890

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945221000819>

Capítulo 3.

Desbalance demográfico en poblaciones de especies tóxicas como indicador de sobrepastoreo en la vegetación insular.



Manuscript III

Mildly toxic shrubs as indicators of goats herbivory give information for the management of natural landscapes on Mediterranean islands

Manuscript III

Mildly toxic shrubs as indicators of goats herbivory give information for the management of natural landscapes on Mediterranean islands

Miquel Capó¹, Chiara Engelbercht², Carles Cardona³, Eva Castells^{4,5}, Jordi Bartolomé⁶, Marta Ramoneda¹ and Elena Baraza¹

¹Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions, Biology Department, University of Balearic Islands, Palma, Spain.

²Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften. Universität Bayreuth, Bayreuth, Germany.

³Centre Forestal de les Illes Balears. Institut Balear de la Natura. Gremi Corredors, 10 (Pol. Son Rossinyol), Palma, Spain.

⁴Departament de Farmacologia, Terapèutica i 40arinose40y40, Univ. Autònoma de Barcelona, Cerdanyola del Vallès 08193, Catalonia, Spain

⁵CREAF, Cerdanyola del Vallès 08193, Catalonia, Spain

⁶Departament de Ciència Animal i dels Aliments. Facultat de Veterinària. Autonomous University of Barcelona, Bellaterra, Spain.

Corresponding 40arin: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Science of the Total Environment 786: 147391

DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147391

Capó M, Engelbrecht C, Cardona C, Castells E, Bartolomé J, Ramoneda M, Baraza E. 2021. Mildly toxic shrubs as indicators of goats herbivory give information for the management of natural landscapes on Mediterranean islands. *Science of the Total Environment* 786(147391). DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.147391

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721024621>

Capítulo 4.

Efecto de los herbívoros introducidos sobre el éxito reproductivo de poblaciones insulares.



Manuscript IV

Disentangling the pollination system of *Anacamptis longicornu* (Orchidaceae): from breeding system to spatio-temporal variation in reproductive success.

Manuscript IV

Disentangling the pollination system of the food-deceptive orchid *Anacamptis longicornu* (Orchidaceae): from breeding system to spatio-temporal variation in reproductive success

Miquel Capó, Joana Cursach and Juan Rita

Laboratory of Botany, Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions, Department of Biology, University of Balearic Islands, Palma, Spain

Corresponding author: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Plant Biosystems 154(3): 306-315, 2020

DOI: 10.1080/11263504.2019.1610110

Capó M, Cursach J, Rita J. 2020. Disentangling the pollination system of *Anacamptis longicornu* (Orchidaceae): from breeding system to spatio-temporal variation in reproductive success. *Plant Biosystems* 154(3): 306 - 315. DOI: 10.1080/11263504.2019.1610110

URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11263504.2019.1610110>

Capítulo 5.

Cambios en la vegetación de hábitats microinsulares tras la gestión de los herbívoros.



Manuscript V

Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on Mediterranean islets.

Manuscript VI

The eradication of rabbits in islets is essential for the conservation of microinsular vegetation and narrow endangered flora: The case of *Medicago citrina* (Fabaceae) in s'Espartar islet (Balearic Islands, Spain).

Manuscript V

Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on Mediterranean islets.

Miquel Capó¹, Joana Cursach¹, Elena Baraza¹, Juan Rita¹

¹Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions. Department of Biology. Faculty of Sciences. University of Balearic Islands. Palma 07122, Spain.

²Institut Balear de la Natura, Gremi Corredors, 10 (Pol. Son Rossinyol) Palma 07009, Spain.

Corresponding author: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Biodiversity and Conservation (Under review)

Capó M, Cursach J, Baraza E, Rita J. 2021. Eradication of feral goats, not population control, as a strategy to conserve plant communities on mediterranean islets. *Biodiversity and Conservation* (En revisión).

Manuscript VI

The eradication of rabbits in islets is essential for the conservation of microinsular vegetation and narrow endangered flora: The case of *Medicago citrina* (Fabaceae) in s'Espartar islet (Balearic Islands, Spain).

Juan Rita¹, Miquel Capó¹, Joana Cursach¹

¹Laboratory of Botany, Research Group on Plant Biology under Mediterranean Conditions, Department of Biology, University of Balearic Islands, Palma, Spain

Corresponding author: Miquel Capó

E-mail address: miquelcaposervera@gmail.com

Telephone number: +34 971 173346

ORCID ID 0000-0002-4394-7080

Manuscript in preparation

Rita J, Capó M, Cursach J. 2021. The eradication of rabbits in islets is essential for the conservation of microinsular vegetation and narrow endangered flora: The case of *Medicago citrina* (Fabaceae) in s'Espartar islet (Balearic Islands, Spain). (Manuscrito en preparación)

DISCUSIÓN

1. La preadaptación y vulnerabilidad de la flora endémica insular

Las Islas Baleares presentan una endemoflora con características dispares: algunas especies coexisten con las cabras debido a que presentan rasgos de resistencia a la herbivoría y otras, al carecer de sistemas de protección, son depredadas y ven afectada su distribución hasta tal punto de terminar hallándose exclusivamente en hábitats rupícolas, como el caso de los peñascos o las paredes de montaña (Pisanu *et al.*, 2012), o en otros hábitats donde pueden refugiarse.

En el Capítulo 1 se ha discutido que los rasgos de protección en la flora endémica insular se podrían haber originado por varios motivos, entre ellos la presión generada por los herbívoros del pasado, el mantenimiento de los rasgos tras la separación de las islas gracias a una fuerte señal filogenética, o su aparición por ser útiles para otras funciones secundarias en el ecosistema (p.ej. fotoprotección o tolerancia a la salinidad). De forma general, se ha observado que la protección contra herbívoros aparece mayoritariamente en las especies de un contexto filogenético favorable, en el cual la presencia de metabolitos secundarios es abundante en el clado (p.ej. presencia de alcaloides, glicósidos o cumarinas). Por otra parte, otros endemismos son capaces de coexistir con estos herbívoros mediante estructuras anatómicas espinescentes, cuyo origen resulta ser polifilético y seguramente surgido por otras adaptaciones ecológicas. Finalmente, se encuentran especies de tamaño lo suficientemente reducido como para evadir la acción de los herbívoros. De este modo, en el caso de la flora endémica de islas continentales, la accesibilidad de las cabras asilvestradas es dependiente de los rasgos de resistencia o escape, de forma que si no se presenta -sea bien por toxicidad o por espinescencia- y si la especie no es lo suficientemente pequeña como para escapar de los herbívoros caprinos, se ve reducida a los hábitats inaccesibles. Además, la relación entre la restricción ecológica de la flora endémica y su la accesibilidad para las cabras indica que existe una presión de pastoreo sobre la vegetación que podría afectar a la conservación de los endemismos.

Hasta el momento se había observado que las especies endémicas de islas oceánicas eran más palatables, y por ende, más vulnerables que las de amplia distribución (Cubas *et al.*, 2019), y que endemismos de islas continentales carecían de defensas en comparación con sus parientes del continente (Bowen & Van Vuren, 1997). Si bien el primer caso se encuentra validado por otros estudios hechos en islas oceánicas (Barton, 2016), en esta tesis se ha observado que la flora endémica de islas continentales puede presentar defensas contra los herbívoros siempre y cuando exista una procedencia filogenética favorable o se hayan originado rasgos mediante adaptaciones que han sido indirectamente funcionales para protegerse frente herbívoros. En ese aspecto, la filogeografía de las comunidades vegetales y sus herbívoros de los sistemas insulares presentan un papel fundamental para poder interpretar correctamente las interacciones planta-herbívoro (Moreira *et al.*, 2020)

Además de la resistencia y el escape, el Capítulo 2 ha evaluado la tolerancia a la herbivoría en una especie endémica de islotes del mar Balear, *Medicago citrina*, con una especie de distribución amplia -concretamente, áreas del centro y sur de Europa- *Medicago arborea*. El estudio se fundamenta en que la primera especie vive en zonas aisladas de cualquier herbívoro mamífero mientras que la segunda coexiste con herbívoros de forma frecuente. Se ha observado que la especie endémica presenta menos capacidad de tolerar la herbivoría en comparación con su pariente de amplia distribución. Esto probablemente se deba a un relajamiento de la respuesta a la herbivoría puesto que no existe dicha interacción en el ecosistema. Este hecho contrasta con la capacidad fisiológica basal de ambas especies: *M. citrina* presenta rasgos constitutivos mucho más robustos que *M. arborea* y además tiene una mayor adaptación a la sequía (Lefi *et al.*, 2004) y a la salinidad (Sibole *et al.*, 2003). Por otra parte, la tolerancia es variable en función de la ontogenia (Gruntman & Novoplansky, 2011; Barton, 2016), habiendo una mayor mortalidad en adultos que en plántulas, a pesar de que para los individuos que sobrevivieron, los adultos presentaron una recuperación más rápida.

Estos resultados obtenidos a partir del análisis experimental coinciden con las observaciones *in situ* en el archipiélago de Cabrera (Latorre *et al.*, 2013), en dónde la presencia de herbívoros como ratones y conejos afecta negativamente a la presencia y desarrollo de las semillas y plántulas de *M. citrina*. Además, así como se ha observado en el Capítulo 5, la erradicación de conejos en el islote de s'Espartar se tradujo en una colonización súbita de *M. citrina*, hecho que delata una severa limitación en su distribución causada por la presencia de herbívoros en la zona.

En conclusión, la suposición de que la flora endémica insular es vulnerable a la herbivoría es parcialmente cierta. Las islas continentales, debido a su antigua conexión con el continente, pueden haber albergado herbívoros nativos en el pasado y por tanto, la preadaptación a los herbívoros introducidos dependerá de si existió un contexto de herbivoría. En los casos que no exista una preadaptación, las especies son vulnerables y ven reducida la distribución ecológica a áreas inaccesibles a los mamíferos herbívoros. Siguiendo esta suposición, cabe pensar que en las islas Baleares podrían haber existido eventos de extinción de especies causados por la presencia de herbívoros introducidos si dichas especies no consiguieron sobrevivir en los hábitats inaccesibles.

2. Los efectos del sobrepastoreo en las poblaciones insulares

Las poblaciones de cabras de Baleares se localizan principalmente en las áreas montañosas de Mallorca, y su acción sobre las comunidades vegetales ha sido poco estudiada. En algunas zonas, se ha considerado que existe una situación de sobrepoblación (Limpens *et al.*, 2020) así como también se sugiere en el Capítulo 1.

Así como se viene constatando en la literatura, la depredación de especies tóxicas es poco frecuente (Holstege *et al.*, 1996; Feng *et al.*, 2008), ya que, como se ha observado en el Capítulo 1, su defensa química permite a las poblaciones permanecer en áreas accesibles para los herbívoros. Sin embargo, la presencia de defensas químicas no evita el efecto de los herbívoros en su totalidad (Agrawal & Fishbein, 2006). En el Capítulo 3 se ha demostrado que las cabras son capaces de depredar especies tóxicas, hasta el punto de hacerlas desaparecer de forma local en aquellas zonas donde la su frecuencia es elevada. Concretamente, en el año 2016, se observó que en la Victoria había una distribución dispar de la especie tóxica *Euphorbia dendroides*, ya que es abundante en fincas valladas que excluyen las cabras, y por el contrario ha desaparecido en las fincas abiertas con una muy alta densidad de cabras.

Probablemente, la alta carga de herbívoros esté detrás de esta alta depredación sobre plantas tóxicas, pero su efecto no tiene por qué ser homogéneo en toda la población. De hecho, en *E. dendroides*, se ha observado que la depredación de juveniles es elevada en algunas zonas, y en la mayoría de los casos implica la muerte de la planta. Además, se ha observado que algunas de las poblaciones localizadas en áreas con cabras presentan una estructura poblacional desbalanceada, con abundancia de las clases de edad adulta pero con ausencia de los individuos juveniles. Por el contrario, las poblaciones sin presencia de cabras, que presentan una proporción mucho mayor de juveniles que de adultos, ven fomentado el reclutamiento poblacional (Gómez-Aparicio *et al.*, 2005). Por tanto, en escenarios de alta presión de herbívoros, incluso las plantas no palatables pueden ver afectadas sus estructuras poblacionales, especialmente en los estadios juveniles, que tras varios eventos de depredación acabarían por desaparecer.

En algunos casos, las especies de plantas son capaces de responder a la herbivoría mediante el incremento de sus compuestos secundarios (Karban, 2011) de forma que se ha constatado un *trade-off* entre crecimiento y resistencia (Messina *et al.*, 2002). Las poblaciones de *E. dendroides* estudiadas en el Capítulo 3 no presentaron un incremento en su concentración de compuestos químicos mayoritarios entre las que estaban expuestas a la depredación por cabras y las que no, de forma que, dada su baja capacidad de respuesta, se podrían extinguir localmente a causa del sobrepastoreo.

A pesar de que en el Capítulo 3 hemos evaluado los efectos del sobrepastoreo sobre poblaciones de una especie poco palatable, como *E. dendroides*, cabe esperar que especies con características más favorables para la dieta de las cabras resulten aún más afectadas, y en muchos casos, actualmente presenten escenarios de vulnerabilidad o de extinción local. Esta suposición concordaría con los resultados hallados en el Capítulo 1, donde se constata que las especies no defendidas viven exclusivamente en áreas aisladas de herbívoros o bien en zonas inaccesibles para los mismos.

Con esta información se pueden sugerir dos enfoques aplicados a la gestión ambiental que deben ser considerados: (i) los escenarios con alta concentración de cabras se pueden evaluar mediante la valoración demográfica de especies poco palatables o tóxicas, de modo que si se hallan efectos severos en su depredación, se requiere de una gestión exhaustiva para reducir el impacto de los herbívoros; (ii) la dinámica poblacional y especialmente la representación de clases de edad más jóvenes, permiten evaluar de forma predictiva el impacto de los herbívoros a largo plazo si no se realizan gestiones de control como descaste o sistemas de exclusión.

3. Aspectos de conservación de la flora afectada por herbívoros

Los diferentes órganos de gestión ambiental han tratado de paliar el efecto de los herbívoros introducidos en ecosistemas insulares, no únicamente en las Islas Baleares, sino alrededor del mundo (Campbell & Donlan, 2005; Capizzi, 2020). Estas medidas de gestión han permitido el control de las poblaciones de cabras en algunos sitios (Parkes, 1990; Keegan *et al.*, 1994) e incluso la completa erradicación en algunos otros, siendo Cabrera Gran la isla más grande del mediterráneo dónde se ha conseguido (Capizzi, 2020). Además de la afección por el ramoneo de cabras, también hay otros herbívoros mamíferos introducidos que han demostrado ser negativos para las comunidades vegetales insulares, como las ratas (*Rattus rattus* y *Rattus norvegicus*) (Traveset *et al.*, 2009), y los conejos (*Oryctolagus cuniculus*) (Imber *et al.*, 2000; Latorre *et al.*, 2013) entre otros.

En algunos casos, cuando la erradicación de los herbívoros introducidos es inviable o se deba optar por una medida de gestión aplicable a corto plazo, el uso de cercados de exclusión es uno de los más utilizados (Faast & Facelli, 2009; Fernández-Lugo *et al.*, 2011; Pisanu *et al.*, 2012). Los cercados de exclusión pueden usarse a distinta escala: proteger los individuos por separado, realizar cercados de dimensiones pequeñas (p.ej. 1-10 m²) o cercados de dimensiones más extensas, alcanzando hectáreas. Por ejemplo, en las Islas Baleares existen varios cercados en la isla de Mallorca, de los cuales destacan los cercados de exclusión del Puig Major gestionados por el Servei de Protecció d'Espècies del Govern de les Illes Balears (Moragues *et al.*, 2015; Mayol *et al.*, 2017), que se construyeron durante el 2003 y en años posteriores (Mayol, 2020). Estos últimos cercados de exclusión, localizados en zonas de alta riqueza en endemismos, permitieron validar las conclusiones del Capítulo 1, al hallarse individuos de cinco especies rupícolas en los matorrales accesibles -pero excluidos- a cabras: *Teucrium cossonii* ssp. *cossonii*, *Bupleurum barceloi*, *Helichrysum crassifolium*, *Scabiosa cretica*, *Globularia cambessedesii* (obsv. pers.).

Por otra parte, el uso de cercados de exclusión presenta inconvenientes que hay que considerar. A pesar de demostrar una amplia eficacia excluyendo herbívoros, así como se ha observado para las cabras en el Capítulo 3, o para los conejos y roedores en el Capítulo 4, su uso implica que (i) la

superficie total protegida de herbívoros no alcanza dimensiones considerables por su inviabilidad y (ii) el mantenimiento requiere esfuerzo tanto económico como de personal (Mayol *et al.*, 2017; Mayol, 2020).

Además de los problemas anteriormente asociados a la gestión, existen otras desventajas ecológicas a tener en cuenta al usar métodos de exclusión como estrategia de conservación, como por ejemplo el riesgo de excluir también a polinizadores o dispersores de semillas (Faast & Facelli, 2009). En el Capítulo 4 se ha puesto de manifiesto que al usar cercados de exclusión de 1 m² (aislando entre 10-30 individuos de *Anacamptis longicornu* por cada parcela) la visita de polinizadores bajaba muy considerablemente, hecho que se magnificaba si el tipo de cercado usado presentaba agujeros de diámetro inaccesible para los polinizadores (Figura 21). En ese sentido, y sobre todo para especies que dependen de la actividad de los polinizadores para su reproducción, como el caso estudiado en el Capítulo 4, el uso de cercados puede ser contraproducente. En los casos que la actividad herbívora sea moderada, la exclusión inintencionada de polinizadores en áreas pequeñas puede suponer una pérdida de frutos superior a la pérdida por herbivoría. Por tanto, es esencial evaluar las características biológicas de las especies que se deban proteger de los herbívoros, a la vez que considerar un área de exclusión lo bastante grande y provista de una defensa que permita el paso de polinizadores.

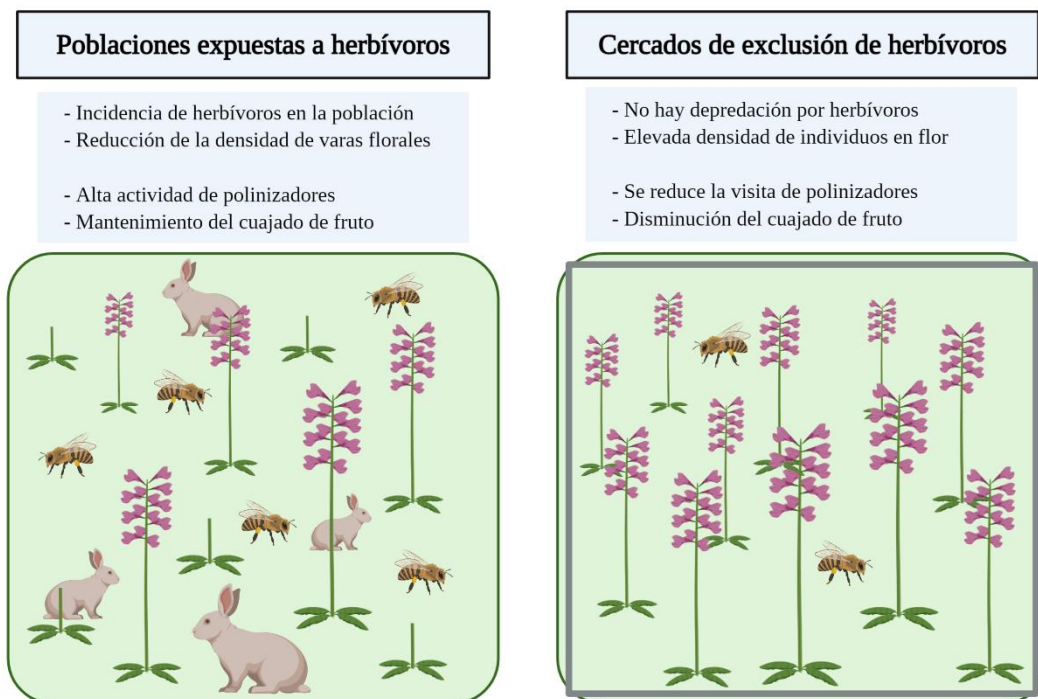


Figura 3. Ventajas e inconvenientes del uso de los cercados de exclusión para el equilibrio entre evitar la herbivoría y la polinización.

4. El efecto de los herbívoros en hábitats microinsulares

A diferencia de las islas, los hábitats microinsulares (esto es, islas de reducida superficie con una limitación geográfica sustancial en la distribución de su flora y fauna) son mucho más frágiles y menos resilientes ante perturbaciones (Le Corre *et al.*, 2015). Por otra parte, la conservación de estos ambientes resulta esencial, no solo para preservar las especies propias de estos hábitats, sino por las exclusivas interacciones planta-animal que pueden existir (Fuster & Traveset, 2019). La presencia de herbívoros introducidos en islotes de pequeño tamaño es frecuente alrededor del mundo (Daly, 1989) y sus intentos de erradicación han sido exitosos en algunos casos dependiendo del método usado (Campbell *et al.*, 2004; Campbell & Donlan, 2005). Es importante monitorear los cambios que suceden en la vegetación tras una actuación de erradicación, cuando se trata de islotes, puesto que puede favorecer la colonización de especies no deseadas (Abe *et al.*, 2011). En cualquier caso, la erradicación de herbívoros introducidos usualmente favorece una recuperación de la vegetación (Chapuis *et al.*, 2004; Garcillán *et al.*, 2008; Heriot *et al.*, 2019). En el Capítulo 5 se ha realizado un estudio sobre la recuperación de la flora tras la erradicación de herbívoros en los islotes de es Vedrà (cabras) i s'Espartar (conejos), localizados en la costa oeste de Eivissa. Por sus características y contexto histórico, ambos islotes representan escenarios muy distintos: diferentes comunidades vegetales, herbívoros introducidos y nivel ecológico evaluado. Mediante el seguimiento de parcelas permanentes en ambos islotes observamos una recuperación rápida de la vegetación tras una reducción significativa de cabras en el islote de es Vedrà por un lado, y una expansión súbita de la población de *M. citrina* en el islote de s'Espartar por el otro (Figura 22).

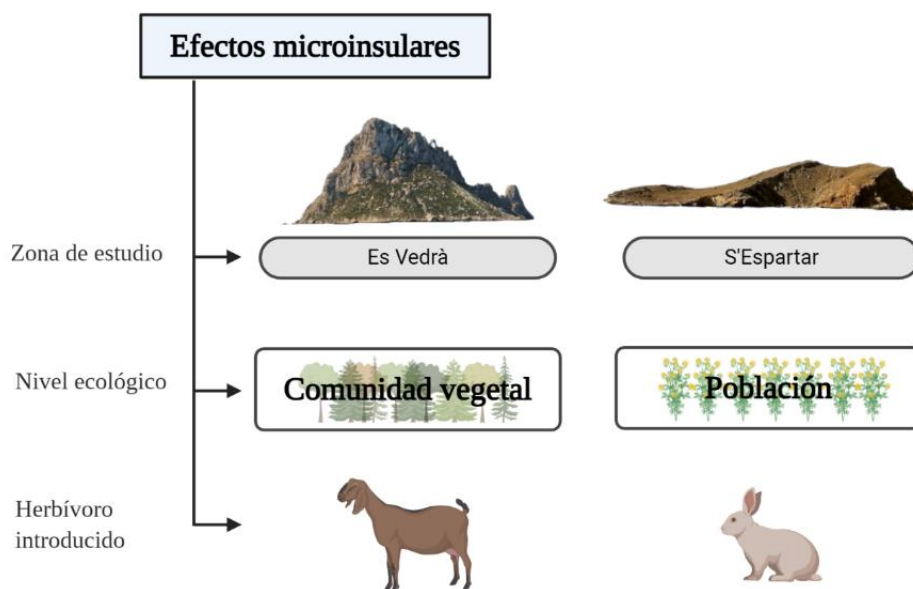


Figura 4.. Diagrama del estudio realizado sobre los efectos de la presencia de herbívoros introducidos en islotes.

En las comunidades vegetales evaluadas en es Vedrà, después de la eliminación de cabras, se observó un incremento notable en la cobertura vegetal para las comunidades arbustivas con predominancia de *Withania frutescens* y en los prados donde abunda *Diplotaxis ibicensis*, no se observaron cambios sustanciales en la comunidad arbustiva con predominancia de *Pistacia lentiscus*. Este comportamiento dispar entre hábitats se ha relacionado con la palatabilidad de las especies más frecuentes, que podrían ser las responsables de determinar en qué áreas habrá más impacto de las cabras. Además, y coincidiendo con las observaciones del Capítulo 1, especies que se encontraban en peñascos inaccesibles al inicio del estudio, aparecieron en las parcelas o en zonas accesibles cercanas tras la erradicación de los herbívoros (p.ej. *Santolina vedranensis*, *Teucrium cossonii* ssp. *punicum* o *Biscutella ebusitana*). Cabe destacar que, a diferencia de los conejos que fueron totalmente erradicados del islote de s'Espartar, la erradicación de cabras llevado a cabo en es Vedrà durante el 2016 no logró eliminar completamente a la población. Ante esta situación, la recuperación de la flora asociada a la reducción de la carga ganadera fue paralizada por el repunte de la población de cabras durante el 2019.

La vulnerabilidad de *M. citrina* a la herbivoría ya fue reportada en otros estudios (Latorre *et al.*, 2013) así como en el experimento del Capítulo 2, de modo que su restricción ecológica fue causada indudablemente por la presencia de herbívoros introducidos en el islote. Además, la rápida recuperación de esta especie fue posible gracias a la disponibilidad de un banco de semillas capaz de colonizar el área del islote accesible para los conejos. Este caso pone de relieve la importancia de los bancos de semillas para garantizar la recuperación tras eventos de perturbación severos (Lipoma *et al.*, 2018). Este aporte de semillas llegó, seguramente, de las plantas que vivían en los peñascos o de las poblaciones de islotes cercanos. Así pues, tal y como se presenta en el Capítulo 1, la capacidad de sobrevivir en hábitats inaccesibles para los herbívoros ha sido esencial para la supervivencia de la población de este islote.

5. Recapitulación de los conceptos generales

Se han evaluado las respuestas de la flora endémica ante la herbivoría en los Capítulos 1 y 2, y su dinámica poblacional en presencia de altas densidades de cabras asilvestradas y conejos en los Capítulos 3 y 4. Tras la obtención de los resultados, se puede concluir que la actividad de estos herbívoros en Mallorca, y en otras áreas con un contexto similar, supone un efecto negativo para la sostenibilidad de las comunidades vegetales a largo plazo. La supervivencia y desarrollo de la flora endémica en hábitats accesibles para cabra depende directamente de si presentan rasgos de resistencia o tolerancia contra la herbivoría, de otro modo su distribución ecológica queda restringida en áreas inaccesibles para herbívoros mamíferos como el caso de la flora rupícola (Figura 23).

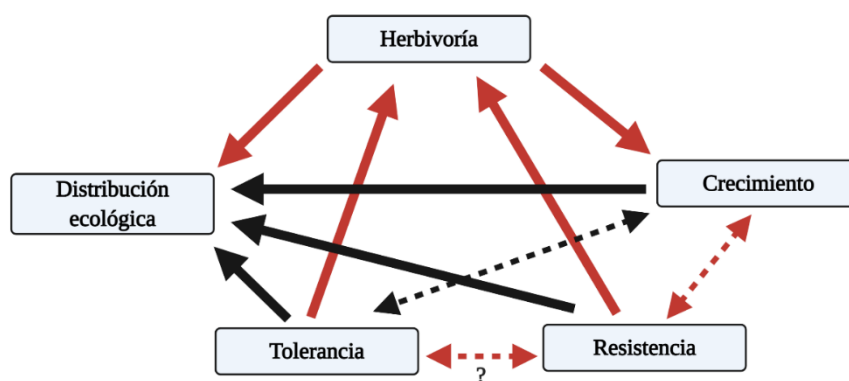


Figura 5. Esquema de las interacciones entre los conceptos generales de la interacción planta-herbívoro. Las flechas negras indican un efecto positivo y las flechas rojas un efecto negativo. Las líneas discontinuas indican que hay un *trade-off* entre ambos.

El efecto de estos herbívoros no implica únicamente la presencia/ausencia de las especies en las zonas afectadas, sino que, para la flora capaz de coexistir con los depredadores, se han observado efectos sobre su desarrollo poblacional o su biología reproductiva. Además, existen otros efectos indirectos perjudiciales para las comunidades, como la erosión del hábitat o la nitrificación del suelo a causa del exceso de la acumulación de excrementos (Coblentz, 1978; Desender *et al.*, 1998; Campbell *et al.*, 2004). Por tanto, es imprescindible que en islas continentales, a pesar de poder presentar un contexto de herbivoría ancestral, se tenga un control riguroso de los herbívoros no nativos como cabras o conejos y en los casos donde sea necesario, se proceda a su erradicación.

Por otra parte, gracias a las estrategias de erradicación realizadas en islotes, se ha podido observar el cambio de la vegetación una vez el herbívoro introducido desaparece. El caso ejemplar de *Medicago citrina*, en el cual se ha observado una baja tolerancia a la herbivoría en el Capítulo 2, y cuyas poblaciones microinsulares se recuperan de una forma inmediata al erradicar los herbívoros así como se ha visto en el Capítulo 5, pone de manifiesto el efecto negativo de los herbívoros introducidos en áreas microinsulares. Estos resultados, juntamente con los del Capítulo 1, abren la hipótesis de que la flora endémica rupícola podría existir en hábitats accesibles para herbívoros, siempre que sea suficientemente competitiva con las especies acompañantes, y eso implicaría cambios significativos en la distribución de éstas especies.

Por último, aunque en esta tesis doctoral se ha focalizado en el estudio del efecto de cabras y conejos como principales depredadores introducidos, la presencia de ratas también implica alteraciones en la composición del hábitat al depredar semillas y plántulas, como se ha observado en el archipiélago de Cabrera (Latorre *et al.*, 2013). Actualmente, se han observado cambios notables en la distribución y abundancia de algunas especies en el islote de sa Dragonera o na Redona, donde se eliminó la población de ratas en su totalidad (obs. pers.). En el futuro, será esencial establecer el grado de afección de estos micromamíferos herbívoros en la composición de las comunidades vegetales, especialmente en ambientes microinsulares, donde se ha observado que el efecto de los herbívoros introducidos es más severo.

CONCLUSIONES

The doctoral thesis has studied the plant-herbivore interaction in continental islands, using Balearic Islands as a study case. Concretely, the resistance and tolerance capacity of endemic flora, the demographic and reproductive effect of non-native mammal herbivores to insular populations of two mediterranean species and the resilience of microinsular plant communities after rabbits and goats eradication have been determined.

Hence, the general conclusions of the doctoral thesis are:

Mechanisms of resistance, tolerance and escape of Balearic endemic flora to non-native mammal herbivores

1. Continental insular endemisms are partially preadapted to herbivory by mechanisms of chemical and anatomic resistance and escape. Those species that do not present any strategy are refuged on cliffs and inaccessible areas to herbivores.
2. Preadapted flora that coexist with introduced mammals present chemical resistance (alkaloids, glycosides or coumarins) or anatomical resistance (spinescence). Also, low-size species can escape from herbivory.
3. Insular endemic flora from islands without introduced herbivores are found in accessible habitats, but their distribution might change if new introductions occur because no resistance or escape traits were found.
4. Despite *Medicago citrina* presents better constitutive traits to tolerate herbivory than *M. arborea*, results of the simulated induced-herbivory assessment showed the opposite trend.
5. In both *Medicago* species, seedlings survived more than adults. However, adults that survived recovered faster.
6. The historic context has a fundamental role to develop tolerance to herbivory in insular species, independently from their constitutive traits.

Effect of herbivores on insular plant communities

7. Juveniles of *Euphorbia dendroides* are severely predated in areas with high herbivory pressure. The effect was bigger in arid habitats such as La Victoria than humid zones such as Mortitx.
8. Goats produce a negative impact on the demographic structure of *E. dendroides* despite its low-palatability. This might be caused by the high goats density or by the absence of other palatable species in the plant community.
9. The study of *Anacamptis longicornu* showed a loss of reproductive individuals by herbivory. However, the use of exclusion fences can negatively affect to pollinator visits. Both issues must be considered during conservation programs.
10. Coverage of microinsular plant communities increase in the short-term when goats population is severely reduced. Specially, palatable species such as *Withania frutescens* and *Diploaxis ibicensis* recovered notably during the monitoring.
11. The reduction of herbivores in es Vedrà implied an increase in taxonomic and functional diversity of rocky areas. Particularly, entomogamous and zoochorous flora increased in rocky areas and grasslands.
12. Despite the short-term recovery of plant communities, the number of herbivores increased few years later and the coverage was reduced to initial values. Therefore, eradication is considered as the unique strategy to guarantee the ecological stability in the long-term.
13. Plant communities in s'Espartar increased in total coverage, plant richness and Shannon diversity two years after the complete eradication of rabbits.
14. *Medicago citrina* showed a remarkably recovery after rabbits eradication. From few individuals refuged on cliffs, a dense population that covers the major part of the islet has been established. The demographic structure indicates that the population is still young and presents a high recruitment rate.
15. The recovery of *M. citrina* coincided with the apparition of the pathogen *Icerya purchasi* that threatens the stability of the population, as occurred in other islets. The pathogen is mainly found in the western site of the islet and its control is necessary to guarantee the conservation of *M. citrina*.

REFERENCIAS

- AbdulAzeez I, Sulaiman Ayodeji A, Danjuma B. 2018.** Phytochemical and Antimicrobial Screening of the Leaves of *Crotalaria Lachnosema* Against *Staphylococcus Aureus*, *Salmonella Typhi*, *Escherichia Coli* and *Klebsiella Pneumoniae*. *Archives of Organic and Inorganic Chemical Sciences* **3**: 421–425.
- Abe T, Yasui T, Makino S. 2011.** Vegetation status on Nishi-jima Island (Ogasawara) before eradication of alien herbivore mammals: Rapid expansion of an invasive alien tree, *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae). *Journal of Forest Research* **16**: 484–491.
- Abràmoff MD, Magalhães PJ, Ram SJ. 2004.** Image processing with imageJ. *Biophotonics International* **11**: 36–41.
- Agrawal AA. 1998.** Induced responses to herbivory and increased plant performance. *Science* **279**: 1201–1202.
- Agrawal AA. 2000.** Overcompensation of plants in response to herbivory and the by-product benefits of mutualism. *Trends in Plant Science* **5**: 309–313.
- Agrawal AA, Fishbein M. 2006.** Plant defense syndromes. *Ecology* **87**: 132–149.
- Agrawal AA, Weber MG. 2015.** On the study of plant defence and herbivory using comparative approaches: How important are secondary plant compounds. *Ecology Letters* **18**: 985–991.
- Ahmad F, Tabassum N. 2012.** Medicinal uses and phytoconstituents of *Paeonia officinalis*. *International Research Journal of Pharmacy* **3**: 85–87.
- Ahmed A. Abdeltawab. 2012.** Evaluation of the chemical composition and element analysis of *Urtica dioica*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology* **6**: 1555–1558.
- Aide TM. 1992.** Dry Season Leaf Production: An Escape from Herbivory. *Biotropica* **24**: 532.
- Alcover JA, Bover P. 2005.** Catàleg dels jaciments amb *Myotragus* a les Illes Balears. *Monografies De La Societat D'Història Natural De Les Balears* **12**: 9–16.
- Alcover JA, McMinn M. 1994.** Predators of vertebrates on islands. In many insular faunas, birds (and less commonly mammals and reptiles) prey on middle- and large-size vertebrates. *BioScience* **44**: 12–18.
- Alcover JA, Perez-Obiol R, Yll EI, Bover P. 1999.** The diet of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (Artiodactyla: Caprinae), an extinct bovid from the Balearic Islands: Evidence from coprolites. *Biological Journal of the Linnean Society* **66**: 57–74.
- Alonso C, Herrera CM. 1996.** Variation in Herbivory within and among Plants of *Daphne Laureola* (Thymelaeaceae): Correlation with Plant Size and Architecture. *The Journal of Ecology* **84**: 495.
- Alvarez CC, Causton CE, Hoddle MS, Hoddle CD, van Driesche R, Stanek EJ. 2012.** Monitoring the effects of *Rodolia cardinalis* on *Icerya purchasi* populations on the Galapagos Islands. *BioControl* **57**: 167–179.
- Amari NO, Bouzouina M, Berkani A, Lotmani B. 2014.** Phytochemical screening and antioxidant capacity of the aerial parts of *Thymelaea hirsuta* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* **4**: 104–109.
- Amor IL Ben, Boubaker J, Sgaier M Ben, Skandrani I, Bhourri W, Neffati A, Kilani S, Bouhlel I, Ghedira K, Chekir-Ghedira L. 2009.** Phytochemistry and biological activities of *Phlomis* species. *Journal of Ethnopharmacology* **125**: 183–202.
- Arévalo JR, de Nascimento L, Fernández-Lugo S, Mata J, Bermejo L. 2011.** Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands). *Acta Oecologica* **37**: 230–238.

- Armstrong DP, Westoby M. 1993.** Seedlings from Large Seeds Tolerated Defoliation Better : A Test Using Phylogenetically Independent Contrasts. *Ecology* **74**: 1092–1100.
- Bagella S, Filigheddu R, Benesperi R, Giordani P, Minuto L, Viciani D, Caria MC, Pisanu S, Casazza G. 2019.** Thorn, spine and prickle patterns in the Italian flora. *Plant Biosystems* **153**: 118–133.
- Bailey JK, Schweitzer JA. 2010.** The role of plant resistance and tolerance to herbivory in mediating the effects of introduced herbivores. *Biological Invasions* **12**: 337–351.
- Baraza E, Gómez JM, Hódar JA, Zamora R. 2004.** Herbivory has a greater impact in shade than in sun: Response of *Quercus pyrenaica* seedlings to multifactorial environmental variation. *Canadian Journal of Botany* **82**: 357–364.
- Baraza E, Hódar JA, Zamora R. 2009.** Species, site and seasonal variation in leaf-chemistry diversity of woody mediterranean plants. *Revue d'Ecologie (La Terre et la Vie)* **64**: 135–144.
- Baraza E, Valiente-Banuet A, Delgado OD. 2010.** Dietary supplementation in domestic goats may reduce grazing pressure on vegetation in semi-arid thornscrub. *Journal of Arid Environments* **74**: 1061–1065.
- Baraza E, Zamora R, Hódar JA. 2006.** Conditional outcomes in plant-herbivore interactions: Neighbours matter. *Oikos* **113**: 148–156.
- Bartolomé J, Baraza E, Espunya MC, Castells E, Rivera L, Broncano MJ. 2019.** Tolerance to severe browsing of three shrub species on Mediterranean islands. *Acta Oecologica* **98**: 30–35.
- Barton KE. 2016.** Low tolerance to simulated herbivory in Hawaiian seedlings despite induced changes in photosynthesis and biomass allocation. *Annals of Botany* **117**: 1053–1062.
- Barton K. 2020.** MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.43.17.
- Barton KE, Boege K. 2017.** Future directions in the ontogeny of plant defence: understanding the evolutionary causes and consequences (T Turlings, Ed.). *Ecology Letters* **20**: 403–411.
- Barton KE, Hanley ME. 2013.** Seedling-herbivore interactions: Insights into plant defence and regeneration patterns. *Annals of Botany* **112**: 643–650.
- Bates D, Mächler M, Bolker BM, Walker SC. 2015.** Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* **67**: 1–48.
- Baur B, Jung J, Rusterholz HP. 2019.** Defoliation of wild native box trees (*Buxus sempervirens*): Does box rust (*Puccinia buxi*) infection influence herbivory, survival and growth of the invasive *Cydalima perspectalis*? *Journal of Applied Entomology* **143**: 766–775.
- Bellard C, Cassey P, Blackburn TM. 2016a.** Alien species as a driver of recent extinctions. *Biology Letters* **12**.
- Bellard C, Genovesi P, Jeschke JM. 2016b.** Global patterns in threats to vertebrates by biological invasions. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **283**.
- Belsky AJ, Carson WP, Jensen CL, Fox GA. 1993.** Overcompensation by plants: Herbivore optimization or red herring? *Evolutionary Ecology* **7**: 109–121.
- Beltran RS, Kreidler N, Van Vuren DH, Morrison SA, Zavaleta ES, Newton K, Tershy BR, Croll DA. 2014.** Passive Recovery of Vegetation after Herbivore Eradication on Santa Cruz Island, California. *Restoration Ecology* **22**: 790–797.
- Bennet RN, Wallsgrove RM. 1994.** Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytologist* **127**: 617–633.

- Berenbaum MR, Nitao JK, Zangerl AR. 1991.** Adaptive significance of furanocoumarin diversity in *Pastinaca sativa* (Apiaceae). *Journal of Chemical Ecology* **17**: 207–215.
- Bibiloni G, Rita J. 2000.** Flora y vegetación terrestre. In: Parque Nacional del Archipiélago de Cabrera. Talavera de la Reina: Esfagnos, 51–86.
- Bibiloni G, Rita J, Moragues E, Conesa MA, Fontcuberta C. 2003.** *Estudi corològic de la flora vascular endèmica dels illots del Parc Natural de Cala d'Hort*. Palma.
- Bocci G. 2015.** TR8: an R package for easily retrieving plant species traits. *Methods in Ecology and Evolution* **6**: 347–350.
- Boege K, Marquis RJ. 2005.** Facing herbivory as you grow up: The ontogeny of resistance in plants. *Trends in Ecology and Evolution* **20**: 441–448.
- Bover P, Quintana J, Alcover JA. 2008.** Three islands, three worlds: Paleogeography and evolution of the vertebrate fauna from the Balearic Islands. *Quaternary International* **182**: 135–144.
- Bover P, Quintana J, Alcover JA. 2010.** A new species of *Myotragus* Bate, 1909 (Artiodactyla, Caprinae) from the Early Pliocene of Mallorca (Balearic Islands, western Mediterranean). *Geological Magazine* **147**: 871–885.
- Bover P, Valenzuela A, Torres E, Cooper A, Pons J, Alcover JA. 2016.** Closing the gap: New data on the last documented *Myotragus* and the first human evidence on Mallorca (Balearic Islands, Western Mediterranean Sea). *Holocene* **26**: 1887–1891.
- Bowen L, Van Vuren D. 1997.** Insular endemic plants lack defenses against herbivores. *Conservation Biology* **11**: 1249–1254.
- Brown VK, Lawton JH. 1991.** Herbivory and the evolution of leaf size and shape. *Philosophical Transactions - Royal Society of London, B* **333**: 265–272.
- Bryant JP, Chapin FS, Klein DR. 1983.** Carbon/Nutrient Balance of Boreal Plants in Relation to Vertebrate Herbivory. *Oikos* **40**: 357.
- Bullock D, North S, Dulloo M, Thorsen M. 2002.** The impact of rabbit and goat eradication on the ecology of Round Island, Mauritius. *Turning the tide: the eradication of invasive species*: 53–63.
- Burbidge AA, Manly BFJ. 2002.** Mammal extinctions on Australian islands: Causes and conservation implications. *Journal of Biogeography* **29**: 465–473.
- Burney OT, Jacobs DF. 2013.** Ungulate herbivory of boreal and temperate forest regeneration in relation to seedling mineral nutrition and secondary metabolites. *New Forests* **44**: 753–768.
- De Cáceres M, Legendre P, He F. 2013.** Dissimilarity measurements and the size structure of ecological communities. *Methods in Ecology and Evolution* **4**: 1167–1177.
- Cakmak I, Horst WJ. 1991.** Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum* **83**: 463–468.
- Campbell K, Donlan CJ. 2005.** Feral goat eradications on islands. *Conservation Biology* **19**: 1362–1374.
- Campbell K, Donlan CJ, Cruz F, Carrion V. 2004.** Eradication of feral goats *Capra hircus* from Pinta Island, Galápagos, Ecuador. *Oryx* **38**: 328–333.
- Capizzi D. 2020.** A review of mammal eradications on Mediterranean islands. *Mammal Review* **50**: 124–135.

- Capó M, Roig-Oliver M, Cardona C, Cursach J, Bartolomé J, Rita J, Baraza E. 2021.** Historic exposure to herbivores, not constitutive traits, explains plant tolerance to herbivory in the case of *Medicago* sp. (Fabaceae). *Plant Science*: 110890.
- Cardona C. 2019.** Tolerància germinativa a la salinitat d'espècies litorals de les Illes Balears.
- Carrete M, Serrano D, Illera JC, López G, Vögeli M, Delgado A, Tella J. 2009.** Goats, birds, and emergent diseases: apparent and hidden effects of exotic species in an island environment. *Ecological Applications* **19**: 840–853.
- Carrion V, Donlan CJ, Campbell KJ, Lavoie C, Cruz F. 2011.** Archipelago-wide island restoration in the galápagos islands: Reducing costs of invasive mammal eradication programs and reinvasion risk. *PLoS ONE* **6**.
- Castroviejo S. 1986.** *Flora ibérica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baelares*. Madrid: CSIC Press.
- Causton CE, Peck SB, Sinclair BJ, Roque-Albelo L, Hodgson CJ, Landry B. 2006.** Alien insects: Threats and implications for conservation of Galápagos Islands. *Annals of the Entomological Society of America* **99**: 121–143.
- Chapuis JL, Frenot Y, Lebouvier M. 2004.** Recovery of native plant communities after eradication of rabbits from the subantarctic Kerguelen Islands, and influence of climate change. *Biological Conservation* **117**: 167–179.
- Chen Z-L, Da-Yuan Z. 1987.** Aristolochia alkaloids. In: *The Alkaloids: Chemistry and Pharmacology*. San Diego: Academic Press, 29–65.
- Chen D, Wang S, Xiong B, Cao B, Deng X. 2015.** Carbon/nitrogen imbalance associated with drought-induced leaf senescence in sorghum bicolor. *PLoS ONE* **10**.
- Cheylan G. 1999.** Evolution rapide de petites populations insulaires méditerranéennes de *Rattus rattus*. In: Alcover JA, ed. *Ecologia de les illes. Monografies de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears* 6. Palma: Societat d'Història Natural de les Illes Balears, 88–103.
- Chillo V, Ojeda RA, Capmourteres V, Anand M. 2017.** Functional diversity loss with increasing livestock grazing intensity in drylands: the mechanisms and their consequences depend on the taxa (J James, Ed.). *Journal of Applied Ecology* **54**: 986–996.
- Christensen S, Enge S, Jensen KR, Müller C, Kiær LP, Agerbirk N, Heimes C, Hauser TP. 2019.** Different herbivore responses to two co-occurring chemotypes of the wild crucifer *Barbarea vulgaris*. *Arthropod-Plant Interactions* **13**: 19–30.
- Coblentz BE. 1978.** The effects of feral goats (*Capra hircus*) on island ecosystems. *Biological Conservation* **13**: 279–286.
- Codron D. 2019.** Evolution of Large Mammal Herbivores in Savannas. In: Scogings PF, Sankaran M, eds. *Savanna Woody Plants and Large Herbivores*. Wiley, 213–243.
- Coley PD. 1987.** Interspecific variation in plant anti-herbivore properties: the role of habitat quality and rate of disturbance. *New Phytologist* **106**: 251–263.
- Colombo ML, Tome' F, Servettaz O, Bugatti C. 1990.** Phytochemical evaluation of helleborus species growing in northern Italy. *Pharmaceutical Biology* **28**: 219–223.
- Cooper SM, Owen-Smith N. 1985.** Condensed tannins deter feeding by browsing ruminants in a South African savanna. *Oecologia* **67**: 142–146.

- Le Corre M, Danckwerts DK, Ringler D, Bastien M, Orlowski S, Morey Rubio C, Pinaud D, Micol T. 2015.** Seabird recovery and vegetation dynamics after Norway rat eradication at Tromelin Island, western Indian Ocean. *Biological Conservation* **185**: 85–94.
- Cotton CA. 1969.** The pedestals of oceanic volcanic islands. *Bulletin of the Geological Society of America* **80**: 749–760.
- Coughenour MB, Detling JK, Bamberg IE, Mugambi MM. 1990.** Production and nitrogen responses of the African dwarf shrub *Indigofera spinosa* to defoliation and water limitation. *Oecologia* **83**: 546–552.
- Cowan PE, Waddington DC. 1990.** Suppression of fruit production of the endemic forest tree, *elaecarpus dentatus*, by introduced marsupial brushtail possums, *trichosurus vulpecula*. *New Zealand Journal of Botany* **28**: 217–224.
- Crawley M. 1983.** *Herbivory. The dynamics of animal-plant interactions*. Blackwell Scientific Publications.
- Crespo MB, Gallardo AJ, Alonso-Vargas MA, Martínez-Flores F, Martínez-Azorín M. 2006.** *Biodiversidad vegetal del parque nacional de Cabrera: Biología de la conservación y diseño estrategias de gestión de endemismos vasculares insulares*.
- Crespo MB, Juan A, Mus M, Laguna E. 2005.** *Medicago citrina*. In: B. M, W. S, eds. *The Top 50 Mediterranean Island Plants. Wild plants at the brink of extinction, and what is needed to save them*: 26-27. Mediterranean Island Plant Group, IUCN.
- Crockett SL, Boevé JL. 2011.** Flavonoid Glycosides and Naphthodianthrones in the Sawfly *Tenthredo zonula* and its Host-Plants, *Hypericum perforatum* and *H. hirsutum*. *Journal of Chemical Ecology* **37**: 943–952.
- Croft DA, Heaney LR, Flynn JJ, Bautista AP. 2006.** Fossil remains of a new, diminutive *Bubalus* (*Artiodactyla*: *Bovidae*: *Bovini*) from Cebu Island, Philippines. *Journal of Mammalogy* **87**: 1037–1051.
- Cubas J, Irl SDH, Villafuerte R, Bello-Rodríguez V, Rodríguez-Luengo JL, Del Arco M, Martín-Esquivel JL, González-Mancebo JM. 2019.** Endemic plant species are more palatable to introduced herbivores than non-endemics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* **286**.
- Cursach J, Moragues E, Rita J. 2013.** Herbivory and plant competition effects on the population dynamics of *Naufraga balearica*, a threatened narrow endemic species of the Balearic Islands. *Plant Biosystems* **147**: 508–517.
- Cursach J, Rita J, Gómez-Martínez C, Cardona C, Capó M, Lázaro A. 2020.** The role of landscape composition and heterogeneity on the taxonomical and functional diversity of Mediterranean plant communities in agricultural landscapes. *PLoS ONE* **15**: 1–18.
- Daly K. 1989.** Eradication of feral goats from small islands. *Oryx* **23**: 71–75.
- Del-Val E, Crawley MJ. 2005.** Are grazing increaser species better tolerators than decreaseers? An experimental assessment of defoliation tolerance in eight British grassland species. *Journal of Ecology* **93**: 1005–1016.
- Desender K, Baert L, Maelfait JP, Verdyck P. 1998.** Conservation on Volcan Alcedo (Galapagos): Terrestrial invertebrates and the impact of introduced feral goats. *Biological Conservation* **87**: 303–310.
- Diamond JM. 1989.** *Overview of recent extinctions*.

- Díaz S, Cabido M. 2001.** Vive la différence: Plant functional diversity matters to ecosystem processes. *Trends in Ecology and Evolution* **16**: 646–655.
- Diner B, Berteaux D, Fyles J, Lindroth RL. 2009.** Behavioral archives link the chemistry and clonal structure of trembling aspen to the food choice of North American porcupine. *Oecologia* **160**: 687–695.
- Dobzhansky T. 1970.** *Genetics of the evolutionary process*. Columbia University Press.
- Doherty TS, Glen AS, Nimmo DG, Ritchie EG, Dickman CR. 2016.** Invasive predators and global biodiversity loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **113**: 11261–11265.
- Dring J V., Kite GC, Nash RJ, Reynolds T. 1995.** Chemicals in aroids: a survey, including new results for polyhydroxy alkaloids and alkylresorcinols. *Botanical Journal of the Linnean Society* **117**: 1–12.
- Ebeling ME. 1968.** The Dumas Method for Nitrogen in Feeds. *Journal of AOAC INTERNATIONAL* **51**: 766–770.
- Eichberger C. 2003.** Euphorbia dendroides (Euphorbiaceae): a monographic view on a Mediterranean species. *Bocconea* **16**: 925–933.
- Eijzenga H. 2011.** Vegetation change following rabbit eradication on Lehua Island, Hawaiian Islands. In: Veitch CR, Clout MN, Towns DR, eds. *Island invasives: eradication and management*. Gland, Switzerland: IUCN, 290–294.
- Faast R, Facelli JM. 2009.** Grazing orchids: Impact of florivory on two species of Caladenia (Orchidaceae). *Australian Journal of Botany* **57**: 361–372.
- Farid MM, Hussein SR, Ibrahim LF, El Desouky MA, Elsayed AM, El Oqlah AA, Saker MM. 2015.** Cytotoxic activity and phytochemical analysis of Arum palaestinum Boiss. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* **5**: 944–947.
- Fazan L, Ghosn D, Remoundou I, Gotsiou P, Thanos C, Pasta S, Garfi G, Kozłowski G. 2021.** Free behind bars: Effects of browsing exclusion on the growth and regeneration of Zelkova abelicea. *Forest Ecology and Management* **488**: 118967.
- Feeny P. 1976.** Plant Apparency and Chemical Defense. In: *Biochemical Interaction Between Plants and Insects*. Springer US, 1–40.
- Felsenstein J. 1985.** Confidence limits on phylogenetics: an approach using the bootstrap. *Evolution* **39**: 783–791.
- Felton GW, Summers CB, Mueller AJ. 1994.** Oxidative responses in soybean foliage to herbivory by bean leaf beetle and three-cornered alfalfa hopper. *Journal of Chemical Ecology* **20**: 639–650.
- Feng Z, Liu R, DeAngelis DL. 2008.** Plant-herbivore interactions mediated by plant toxicity. *Theoretical Population Biology* **73**: 449–459.
- Fernández-Lugo S, Arévalo JR, de Nascimento L, Mata J, Bermejo LA. 2013.** Long-term vegetation responses to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystems: a case study in Tenerife (Canary Islands) (S Prober, Ed.). *Applied Vegetation Science* **16**: 74–83.
- Fernández-Lugo S, de Nascimento L, Mellado M, Arévalo JR. 2011.** Grazing effects on species richness depends on scale: A 5-year study in Tenerife pastures (Canary Islands). *Plant Ecology* **212**: 423–432.
- Floss HG, Mothes U. 1966.** On the biosynthesis of furocoumarins in Pimpinella magna. *Phytochemistry* **5**: 161–169.

- Fornoni J. 2011.** Ecological and evolutionary implications of plant tolerance to herbivory. *Functional Ecology* **25**: 399–407.
- Fortuny X, Carcaillet C, Chauchard S. 2020.** Selective and taxon-dependent effects of semi-feral cattle grazing on tree regeneration in an old-growth Mediterranean mountain forest. *Forest Ecosystems* **7**.
- Fox J, Weisberg S. 2014.** An R Companion to Applied Regression: Appendices. *Robust Regression in R*: 1–17.
- Fox J, Weisberg S. 2019.** *An R Companion to Applied Regression*. Sage, Thousand Oaks CA.
- Freeland WJ, Janzen DH. 1974.** Strategies in Herbivory by Mammals: The Role of Plant Secondary Compounds. *The American Naturalist* **108**: 269–289.
- Fuster F, Traveset A. 2019.** Evidence for a double mutualistic interaction between a lizard and a Mediterranean gymnosperm, *Ephedra fragilis*. *AoB PLANTS* **11**: 1–11.
- Ganapaty S, Mallika BN, Balaji S, Lakshmi SVVNSM, Thomas PS, Ramana K V. 2003.** A review of phytochemical studies of *Digitalis* species. *Journal of Natural Remedies* **3**: 104–128.
- Gange AC, Brown VK. 1989.** Insect Herbivory Affects Size Variability in Plant Populations. *Oikos* **56**: 351.
- Garcillán PP, Ezcurra E, Vega E. 2008.** Guadalupe Island: Lost paradise recovered? Overgrazing impact on extinction in a remote oceanic island as estimated through accumulation functions. *Biodiversity and Conservation* **17**: 1613–1625.
- Garzón-Machado V, González-Mancebo JM, Palomares-Martínez A, Acevedo-Rodríguez A, Fernández-Palacios JM, Del-Arco-Aguilar M, Pérez-de-Paz PL. 2010.** Strong negative effect of alien herbivores on endemic legumes of the Canary pine forest. *Biological Conservation* **143**: 2685–2694.
- Gatica G, Escudero A, Pucheta E. 2020.** Livestock settlement affects shrub abundance via plant functional diversity but not species richness in arid environments. *Plant Ecology* **221**: 1253–1264.
- Ghaedi M, Yousefi-Nejad M, Safarpour M, Hashemi S, Goudarzi A, Tyagi I, Agarwal S, Kumar Gupta V. 2016.** Investigation of phytochemical and antimicrobial properties of *Linum usitatissimum* in presence of ZnO/Zn(OH)₂ nanoparticles and extraction of euphol from *Euphorbia microsciadia*. *Desalination and Water Treatment* **57**: 20597–20607.
- Gil L, Llorens L. 2017.** *Flora vascular de les Illes Balears. Clau analítica*. Palma: Universitat de les Illes Balears.
- Gilbert GS, Briggs HM, Magarey R. 2015.** The impact of plant enemies shows a phylogenetic signal (D Perovic, Ed.). *PLoS ONE* **10**: e0123758.
- Giner JL, Djerassi C. 1995.** A reinvestigation of the biosynthesis of lanosterol in *Euphorbia lathyris*. *Phytochemistry* **39**: 333–335.
- Gizicki ZS, Tamez V, Galanopoulou AP, Avramidis P, Foufopoulos J. 2018.** Long-term effects of feral goats (*Capra hircus*) on Mediterranean island communities: results from whole island manipulations. *Biological Invasions* **20**: 1537–1552.
- Gleadow RM, Woodrow IE. 2002.** Constraints on effectiveness of cyanogenic glycosides in herbivore defense. *Journal of Chemical Ecology* **28**: 1301–1313.
- Gómez-Aparicio L, Zamora R, Gómez JM. 2005.** The regeneration status of the endangered *Acer opalus* subsp. *granatense* throughout its geographical distribution in the Iberian Peninsula. *Biological Conservation* **121**: 195–206.

- Gregory S V. 1983.** Plant-Herbivore Interactions in Stream Systems. In: Stream Ecology. Springer US, 157–189.
- Gruntman M, Novoplansky A. 2011.** Ontogenetic contingency of tolerance mechanisms in response to apical damage. *Annals of Botany* **108**: 965–973.
- Gurevitch J, Padilla DK. 2004.** Are invasive species a major cause of extinctions? *Trends in Ecology and Evolution* **19**: 470–474.
- Güzel S, Pavela R, İlçim A, Kökdil G. 2017.** Phytochemical composition and antifeedant activity of five *Vincetoxicum* taxa against *Spodoptera littoralis* and *Leptinotarsa decemlineata*. *Marmara Pharmaceutical Journal* **21**: 872–880.
- Hall TA. 1999.** BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser* **41**: 95–98.
- Hamilton JG, Zangerl AR, DeLucia EH, Berenbaum MR. 2001.** The carbon-nutrient balance hypothesis: Its rise and fall. *Ecology Letters* **4**: 86–95.
- Hänel C, Chown SL. 1998.** The impact of a small, alien invertebrate on a sub-Antarctic terrestrial ecosystem: *Limnophyes minimus* (Diptera, Chironomidae) at Marion Island. *Polar Biology* **20**: 99–106.
- Hanley ME, Fegan EL. 2007.** Timing of cotyledon damage affects growth and flowering in mature plants. *Plant, Cell and Environment* **30**: 812–819.
- Hanley ME, Lamont BB, Fairbanks MM, Rafferty CM. 2007.** Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* **8**: 157–178.
- Hardion L, Dumas PJ, Abdel-Samad F, Bou Dagher Kharrat M, Surina B, Affre L, Médail F, Bacchetta G, Baumel A. 2016.** Geographical isolation caused the diversification of the Mediterranean thorny cushion-like *Astragalus* L. sect. *Tragacantha* DC. (Fabaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **97**: 187–195.
- Hartley SE, Jones CG. 1997.** Plant chemistry and herbivory, or why the world is green. In: Crawley MJ, ed. *Plant Ecology*. Oxford: Blackwell, 284–324.
- Herbari Virtual del Mediterrani Occidental. 2019.** Herbari Virtual del Mediterrani Occidental.
- Heriot S, Asher J, Williams MR, Moro D. 2019.** The eradication of ungulates (sheep and goats) from Dirk Hartog Island, Shark Bay World Heritage Area, Australia. *Biological Invasions* **21**: 1789–1805.
- Hirata R, Wasaka N, Fujii A, Kato T, Sato H. 2019.** Differences in flowering phenology, architecture, sexual expression and resource allocation between a heavily haired and a lightly haired nettle population: relationships with sika deer. *Plant Ecology* **220**: 255–266.
- Holstege DM, Galey FD, Johnson B, Seibei JN. 1996.** Determination of Alkaloid Exposure in a Model Ruminant (Goat) Using a Multiresidue Screening Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **44**: 2310–2315.
- Homar V, Ramis C, Romero R, Alonso S. 2009.** Recent trends in temperature and precipitation over the Balearic Islands (Spain). *Climatic Change* **98**: 199–211.
- Houle G, Simard G. 1996.** Additive effects of genotype, nutrient availability Additive and type of tissue damage on the compensatory response of *Salix planifolia* ssp. *planifolia* to simulated herbivory. *Oecologia* **107**: 373–378.
- Howery LD, Provenza FD, Ruyle GB, Howery LD, Provenza FD. 2016.** *How Do Domestic Herbivores Select Nutritious Diets on Rangelands? Item Type text; Book How Do Domestic Herbivores Select Nutritious Diets on Rangelands?* Arizona.

- Huberty AF, Denno RF. 2004.** Plant water stress and its consequences for herbivorous insects: A new synthesis. *Ecology* **85**: 1383–1398.
- Hull-Sanders HM, Clare R, Johnson RH, Meyer GA. 2007.** Evaluation of the evolution of increased competitive ability (EICA) hypothesis: Loss of defense against generalist but not specialist herbivores. *Journal of Chemical Ecology* **33**: 781–799.
- Iason GR, Villalba JJ. 2006.** Behavioral strategies of mammal herbivores against plant secondary metabolites: The avoidance-tolerance continuum. In: *Journal of Chemical Ecology*. Springer, 1115–1132.
- Imber M, Harrison M, Harrison J. 2000.** Interactions between petrels, rats and rabbits on Whale Island, and effects of rat and rabbit eradication. *New Zealand Journal of Ecology* **24**: 153–160.
- Ishaaya I, Birk Y, Bondi A, Tencer Y. 1969.** Soyabean saponins IX.—Studies of their effect on birds, mammals and cold-blooded organisms. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **20**: 433–436.
- IUCN/SSC. 2013.** *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0*. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- Järemo J, Palmqvist E. 2001.** Plant compensatory growth: A conquering strategy in plant-herbivore interactions? *Evolutionary Ecology* **15**: 91–102.
- Jewers K, Zirvi K. 1978.** The Coumarin Glycosides of *Daphne acuminata*: Use of ¹³C–NMR Spectroscopy for their Identification. *Planta Medica* **33**: 403–406.
- Jiménez A, Weigelt B, Santos-Guerra A, Caujapé-Castells J, Fernández-Palacios JM, Conti E. 2017.** Surviving in isolation: genetic variation, bottlenecks and reproductive strategies in the Canarian endemic *Limonium macrophyllum* (Plumbaginaceae). *Genetica* **145**: 91–104.
- Juan A. 2002.** Estudio sobre la morfología, variabilidad molecular y biología reproductiva de *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter (Leguminosae). Bases para su conservación.
- Juan A, Crespo MB. 1999.** Comportamiento fitosociológico de *Medicago citrina* (Font Quer) Greuter (Leguminosae), endemismo mediterráneo-iberolevantino. *Acta Bot. Malacitana* **24**: 221–229.
- Karban R. 2011.** The ecology and evolution of induced resistance against herbivores. *Functional Ecology* **25**: 339–347.
- Karcher DE, Richardson MD, Hignight K, Rush D. 2008.** Drought tolerance of tall fescue populations selected for high root/shoot ratios and summer survival. *Crop Science* **48**: 771–777.
- Karger DN, Conrad O, Böhner J, Kawohl T, Kreft H, Soria-Auza RW, Zimmermann NE, Linder HP, Kessler M. 2017.** Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. *Scientific Data* **4**: 1–20.
- Keane RM, Crawley MJ. 2002.** Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology and Evolution* **17**: 164–170.
- Keegan DR, Coblenz BE, Winchell CS. 1994.** Feral goat eradication of San Clemente Island, California. *Wildlife Society Bulletin* **22**: 56–60.
- Kessler CC. 2001.** Eradication of feral goats and pigs from Sarigan Island, Commonwealth of the Northern Mariana Islands ; methods and results. *Eradication of Islands Invasives : Practical Actions and Results Achieved*: 18.
- Kessler A, Baldwin IT. 2002.** Plant responses to insect herbivory: The emerging molecular analysis. *Annual Review of Plant Biology* **53**: 299–328.

- Konno K. 2011.** Plant latex and other exudates as plant defense systems: Roles of various defense chemicals and proteins contained therein. *Phytochemistry* **72**: 1510–1530.
- Koricheva J. 2002.** Meta-analysis of sources of variation in fitness costs of plant antiherbivore defenses. *Ecology* **83**: 176–190.
- Kursar TA, Coley PD. 2003.** Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforests. In: *Biochemical Systematics and Ecology*. 929–949.
- Labed F, Masullo M, Cerulli A, Benayache F, Benayache S, Piacente S. 2017.** Chemical constituents of the aerial parts of santolina chamaecyparissus and evaluation of their antioxidant activity. *Natural Product Communications* **12**: 1605–1608.
- Laguna E, Jimenez J. 1995.** Conservación de la flora de las islas Columbretes (España). *Ecologia Mediterranea* **21**: 325–336.
- Laguna E, Sáez L, Mus M, Juan A, Crespo MB. 2017.** Medicago citrina. In: Pasta S, Perez-Graber A, Fazan L, Montmollin B, eds. *The Top 50 Mediterranean Island Plants UPDATE 2017*. IUCN/SSC/Mediterranean Plant Specialist Group. Neuchâtel, Switzerland.
- Lake BG. 1999.** Coumarin metabolism, toxicity and carcinogenicity: Relevance for human risk assessment. *Food and Chemical Toxicology* **37**: 423–453.
- Laliberte E, Legendre P. 2010.** A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology* **91**: 299–305.
- Latorre L, Larrinaga AR, Santamaría L. 2013.** Combined impact of multiple exotic herbivores on different life stages of an endangered plant endemism, Medicago citrina. *Journal of Ecology* **101**: 107–117.
- Le S, Josse J, Husson F. 2008.** FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software* **25**: 1–18.
- Lefi E, Medrano H, Cifre J. 2004.** Water uptake dynamics, photosynthesis and water use efficiency in field-grown Medicago arborea and Medicago citrina under prolonged Mediterranean drought conditions. *Annals of Applied Biology* **144**: 299–307.
- Lenth R V. 2016.** Least-squares means: The R package lsmeans. *Journal of Statistical Software* **69**: 1–33.
- Li B, Shibuya T, Yogo Y, Hara T. 2004.** Effects of ramet clipping and nutrient availability on growth and biomass allocation of yellow nutsedge. *Ecological Research* **19**: 603–612.
- Li SH, Wu LJ, Gao HY, Chen YH, Li Y. 2005.** A new dicoumarinoid glycoside from Daphne giraldii. *Journal of Asian Natural Products Research* **7**: 839–842.
- Liang C, Liu Z, Liu X, Geng Y, Song H, Ding S, Lei X, Feng Z, Liu J, Deng Y. 2014.** The extract optimization and identification study of bioactive total triterpenoids from the rare traditional Chinese medicine Qinling Polyporusumbellatus. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* **6**: 1283–1289.
- Limpens A, Serrano E, Rivera-Sánchez L, Bartolomé J, Baraza E. 2020.** Pellet Accumulation as a Proxy for Herbivore Pressure in a Mediterranean Ecosystem. *Rangeland Ecology and Management* **73**: 636–641.
- Lipoma ML, Funes G, Díaz S. 2018.** Fire effects on the soil seed bank and post-fire resilience of a semi-arid shrubland in central Argentina. *Austral Ecology* **43**: 46–55.

- Llorens L, Peñuelas J, Estiarte M, Bruna P. 2004.** Contrasting growth changes in two dominant species of a mediterranean shrubland submitted to experimental drought and warming. *Annals of Botany* **94**: 843–853.
- Loeuille N, Loreau M, Ferrière R. 2002.** Consequences of plant-herbivore coevolution on the dynamics and functioning of ecosystems. *Journal of Theoretical Biology* **217**: 369–381.
- Madriaza K, Saldaña A, Salgado-Luarte C, Escobedo VM, Gianoli E. 2018.** Chlorophyll Fluorescence May Predict Tolerance to Herbivory. *International Journal of Plant Sciences* **180**: 81–85.
- Maestre FT, Bautista S, Cortina J. 2003.** Positive, negative, and net effects in grass-shrub interactions in Mediterranean semiarid grasslands. *Ecology* **84**: 3186–3197.
- Majak W. 1991.** Metabolism and absorption of toxic glycosides by ruminants. *Journal of Range Management* **45**: 67–71.
- De Marino S, Festa C, Zollo F, Incollingo F, Raimo G, Evangelista G, Iorizzi M. 2012.** Antioxidant activity of phenolic and phenylethanoid glycosides from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry* **133**: 21–28.
- Mattocks AR. 1968.** Toxicity of pyrrolizidine alkaloids. *Nature* **217**: 723–728.
- Mauricio R. 2000.** Natural selection and the joint evolution of tolerance and resistance as plant defenses. *Evolutionary Ecology* **14**: 491–507.
- Mayol J. 2020.** La flora singular del Puig Major. *Mètode*: 34–41.
- Mayol J, Alcover JA, Domenech O, Moragues E, Rita J. 2017.** *La cabra, espècie invasora a les Balears* (L Muntaner, Ed.). Palma.
- Mayol J, Mayol M, Domenech O, Oliver J, McMinn M, Rodríguez A. 2012.** Aerial broadcast of rodenticide on the island of Sa Dragonera (Balearic Islands, Spain). A promising rodent eradication experience on a Mediterranean islands. *Aliens: The Invasive Species Bulletin* **32**.
- McCall AC. 2008.** Florivory affects pollinator visitation and female fitness in *Nemophila menziesii*. *Oecologia* **155**: 729–737.
- McCall AC, Irwin RE. 2006.** Florivory: The intersection of pollination and herbivory. *Ecology Letters* **9**: 1351–1365.
- McNaughton SJ. 1983.** Physiological and Ecological Implications of Herbivory. In: *Physiological Plant Ecology III*. Springer Berlin Heidelberg, 657–677.
- McNeely J a, Mooney H a, Neville LE, Schei PJ, Waage JK. 2001.** *Global Strategy on Invasive Alien Species Published by IUCN*. Gland, Switzerland.
- Médail F. 2017.** The specific vulnerability of plant biodiversity and vegetation on Mediterranean islands in the face of global change. *Regional Environmental Change* **17**: 1775–1790.
- Meijden E Van Der, Wijn M, Verkaar HJ. 2016.** Defence and Regrowth , Alternative Plant Strategies in the Struggle against Herbivores. *Oikos* **51**: 355–363.
- Mein P, Adrover R. 1982.** Une faunule de mammifères insulaires dans le Miocène moyen de Majorque (Iles Baléares). *Geobios* **6**: 405–463.
- Messina FJ, Durham SL, Richards JH, McArthur ED. 2002.** Trade-off between plant growth and defense? A comparison of sagebrush populations. *Oecologia* **131**: 43–51.

- Meyer JY, Butaud JF. 2009.** The impacts of rats on the endangered native flora of french Polynesia (Pacific Islands): Drivers of plant extinction or coup de grâce species? *Biological Invasions* **11**: 1569–1585.
- Milne-Rostkowska F, Holeksa J, Bogdziewicz M, Piechnik Ł, Seget B, Kurek P, Buda J, Żywiec M. 2020.** Where can palatable young trees escape herbivore pressure in a protected forest? *Forest Ecology and Management* **472**: 118221.
- Milton SJ. 1991.** Plant Spinescence in Arid Southern Africa: Does Moisture Mediate Selection by Mammals? *Oecologia* **87**: 279–287.
- Mohanapriya S, Siva GV. 2013.** Phytochemical Analysis and Antioxidant Potential of *Delphinium denudatum* Wall. **2**: 53–58.
- Moles AT, Westoby M. 2000.** Do small leaves expand faster than large leaves, and do shorter expansion times reduce herbivore damage? *Oikos* **90**: 517–524.
- Moragues E, Manzano X, Sáez L. 2015.** Una illa al cim, el cim d'una illa: Singularitat i conservació de la flora vascular del Puig Major. *Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears* **20**: 69–82.
- Moreira X, Castagneyrol B, García-Verdugo C, Abdala-Roberts L. 2020.** A meta-analysis of insularity effects on herbivory and plant defences. *Journal of Biogeography* **48**: 386–393.
- Morris EK, Caruso T, Buscot F, Fischer M, Hancock C, Maier TS, Meiners T, Müller C, Obermaier E, Prati D, et al. 2014.** Choosing and using diversity indices: Insights for ecological applications from the German Biodiversity Exploratories. *Ecology and Evolution* **4**: 3514–3524.
- Mothershead K, Marquis RJ. 2000.** Fitness impacts of herbivory through indirect effects on plant-pollinator interactions in *Oenothera macrocarpa*. *Ecology* **81**: 30–40.
- Mouillot D, Graham NAJ, Villéger S, Mason NWH, Bellwood DR. 2013.** A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends in Ecology and Evolution* **28**: 167–177.
- Munns R, Tester M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* **59**: 651–681.
- Muñoz M, Barceló A, Rayó C, Bernat M, Barceló JM, Castillo V, Castro F, Vaquerizas PH, Blanco-Aguilar JA, Aparicio F, et al. 2019.** Seguimiento y recuperación de las poblaciones de conejo europeo (*Oryctolagus cuniculus cuniculus*) en Mallorca (Illes Balears) (2016-2019). In: Recerca i gestió dins l'àmbit cinegètic. *Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears*. 21–40.
- Myers JA, Kitajima K. 2007.** Carbohydrate storage enhances seedling shade and stress tolerance in a neotropical forest. *Journal of Ecology* **95**: 383–395.
- Navon S, Kigel J, Dudai N, Knaanie A, Glasser TA, Shachter A, Ungar ED. 2020.** Volatiles and Tannins in *Pistacia lentiscus* and Their Role in Browsing Behavior of Goats (*Capra hircus*). *Journal of Chemical Ecology* **46**: 99–113.
- Nogales M, Rodríguez-Luengo JL, Marrero P. 2006.** Ecological effects and distribution of invasive non-native mammals on the Canary Islands. *Mammal Review* **36**: 49–65.
- North SG, Bullock DJ, Dulloo ME. 1994.** Changes in the vegetation and reptile populations on Round Island, Mauritius, following eradication of rabbits. *Biological Conservation* **67**: 21–28.
- Núñez-Farfán J, Fornoni J, Valverde PL. 2007.** The evolution of resistance and tolerance to herbivores. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **38**: 541–566.
- Núñez MA, Bailey JK, Schweitzer JA. 2010.** Population, community and ecosystem effects of exotic herbivores: A growing global concern. *Biological Invasions* **12**: 297–301.

- Ochoa-López S, Damián X, Rebollo R, Fornoni J, Domínguez CA, Boege K. 2020.** Ontogenetic changes in the targets of natural selection in three plant defenses. *New Phytologist* **226**: 1480–1491.
- Oganesyan GB, Galstyan AM, Mnatsakanyan VA, Shashkov AS, Agababyan P V. 1991.** Phenylpropanoid glycosides of *Teucrium polium*. *Chemistry of Natural Compounds* **27**: 556–559.
- Oksanen J, Kindt R, Legendre P, O’Hara B, Simpson GL, Solymos P, Stevens, M. Henry H, Wagner H. 2008.** vegan: Community Ecology Package. version 2.5-6. : 1–182.
- Osuga IM, Njeru DG, Musalia LM, Abdulrazak SA. 2020.** The nutritive value and palatability of selected browse forages mixtures from arid and semi-arid area of Kenya when fed to growing small east African Goats. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* **13**: 1–7.
- Paige KN, Whitham TG. 1987.** Overcompensation in response to mammalian herbivory: the advantage of being eaten. *American Naturalist* **129**: 407–416.
- Palmer M, Pons GX. 2001.** Predicting rat presence on small islands. *Ecography* **24**: 121–126.
- Palombo MR, Rozzi R, Bover P. 2013.** The endemic bovids from Sardinia and the Balearic Islands: State of the art. *Geobios* **46**: 127–142.
- Papadopoulos MC. 2002.** Evaluation of Theodorou island as a habitat for the conservation of the Cretan wild goat (*Capra aegagrus cretica* Schinz 1938) and the impact of grazing on vegetation. *Zeitschrift fur Jagdwissenschaft* **48**: 130–139.
- Parachnowitsch AL, Caruso CM, Campbell SA, Kessler A. 2012.** *Lobelia siphilitica* plants that escape herbivory in time also have reduced latex production (M Heil, Ed.). *PLoS ONE* **7**: e37745.
- Paradis E, Schliep K. 2019.** Ape 5.0: An environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. *Bioinformatics* **35**: 526–528.
- Pardo C, Cubas P, Tahiri H. 2004.** Molecular phylogeny and systematics of *Genista* (Leguminosae) and related genera based on nucleotide sequences of nrDNA (ITS region) and cpDNA (trnL-trnF intergenic spacer). *Plant Systematics and Evolution* **244**: 93–119.
- Parkes JP. 1990.** Feral goat control in New Zealand. *Biological Conservation* **54**: 335–348.
- Peco B, De Pablos I, Traba J, Levassor C. 2005.** The effect of grazing abandonment on species composition and functional traits: The case of dehesa grasslands. *Basic and Applied Ecology* **6**: 175–183.
- Pellissier F. 2013.** Early physiological responses of *Abies alba* and *Rubus fruticosus* to ungulate herbivory. *Plant Ecology* **214**: 127–138.
- Perea R, Perea-García-Calvo R, Díaz-Ambrona CG, San Miguel A. 2015.** The reintroduction of a flagship ungulate *Capra pyrenaica*: Assessing sustainability by surveying woody vegetation. *Biological Conservation* **181**: 9–17.
- Pereira-Dias F, Santos M. 2015.** Adaptive strategies against water stress: a study comparing leaf morphoanatomy of rupicolous and epiphytic species of Gesneriaceae. *Revista Brasileira de Botanica* **38**: 911–919.
- Pérez-Solano LA, Mandujano S, Bautista Z. 2020.** Spatio-temporal movements of goat herds in a protected area of Mexico. *European Journal of Wildlife Research* **66**: 1–9.
- Pielou E. 1975.** *Ecological Diversity*. New York, USA: Wiley.
- Pillar VD, Blanco CC, Müller SC, Sosinski EE, Joner F, Duarte LDS. 2013.** Functional redundancy and stability in plant communities (F de Bello, Ed.). *Journal of Vegetation Science* **24**: 963–974.

- Pilson D. 2000.** Herbivory and natural selection on flowering phenology in wild sunflower, *Helianthus annuus*. *Oecologia* **122**: 72–82.
- Pinheiro J, Bates D, S D, Sarkar D. 2019.** *nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-141*.
- Pisanu S, Farris E, Filigheddu R, García MB. 2012.** Demographic effects of large, introduced herbivores on a long-lived endemic plant. *Plant Ecology* **213**: 1543–1553.
- Provenza FD, Villalba JJ, Dziba LE, Atwood SB, Banner RE. 2003.** Linking herbivore experience, varied diets, and plant biochemical diversity. In: *Small Ruminant Research*. 257–274.
- Puustinen S, Koskela T, Mutikainen P. 2004.** Direct and ecological costs of resistance and tolerance in the stinging nettle. *Oecologia* **139**: 76–82.
- QGIS Development Team. 2020.** QGIS Geographic Information System. *Open Source Geospatial Foundation Project*.
- Quezada JR, DeBach P. 1973.** Bioecological and population studies of the cottony-cushion scale, *Icerya purchasi* Mask., and its natural enemies, *Rodolia cardinalis* Mul. and *Cryptochaetum iceryae* Will., in southern California. *Hilgardia* **41**: 631–688.
- R Core Team. 2019.** R: A language and environment for statistical computing. (R Foundation for Statistical Computing, Ed.).
- Raghavendra MP, Satish S, Raveesha K a. 2006.** Phytochemical analysis and antibacterial activity of *Oxalis corniculata*; a known medicinal plant. *Phytochemical Analysis* **1**: 72–78.
- Rasmann S, Johnson MD, Agrawal AA. 2009.** Induced responses to herbivory and jasmonate in three milkweed species. *Journal of Chemical Ecology* **35**: 1326–1334.
- Rhoades DF, Cates RG. 1976.** Toward a General Theory of Plant Antiherbivore Chemistry. In: *Biochemical Interaction Between Plants and Insects*. Springer US, 168–213.
- Rhodes AC, Anderson V, St Clair SB. 2017.** Ungulate herbivory alters leaf functional traits and recruitment of regenerating aspen. *Tree Physiology* **37**: 402–413.
- Riba-Hernandez P, Stoner KE. 2005.** Massive Destruction of *Symphonia globulifera* (Clusiaceae) Flowers by Central American Spider Monkeys (*Ateles geoffroyi*). *Biotropica* **37**: 274–278.
- Rita J. 2019.** *Medicago citrina*. In: Moreno JC, Bañares A, Blanca G, Güemes J, Ortiz S, eds. *Atlas y Libro rojo de la flora vascular amenazada de España*. Adenda 2017. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica - SEBICOP, 64–65.
- Rita J, Ballesteros E, Ginés A, Mcminn M, Pérez-Mellado V. 2016.** Tejiendo naturaleza: el archipiélago de Cabrera, lugar de encuentro y armonía entre la gea, la fauna y la flora. In: Robledo A, ed. *El Parque Nacional Marítimo-Terrestre del Archipiélago de Cabrera: un paisaje entre la tierra y el mar*. Madrid: IGME & OAPN.
- Rita J, Payeras T. 2006.** Biodiversidad de las plantas vasculares de las Islas Baleares. *Orsis: organismos i sistemes* **21**: 41–58.
- Rivera-Sánchez L, Baraza E, Bartolomé J. 2011.** Presión de pastoreo sobre especies leñosas del bosque mediterráneo por la cabra salvaje mallorquina (*Capra aegagrus Erxleben, 1777*). *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* **33**: 89–93.
- Rivera L, Baraza E, Alcover JA, Bover P, Retuerto C, Martínez X, Bartolomé J. 2012.** Preliminary results on climate change evidence from coprolites of *Myotragus balearicus* Bate 1909 (*Artiodactyla, Caprinae*). *Options Méditerranéennes. Séries A: Mediterranean Seminars* **102**: 65–68.

- Rivera L, Cassinello J, Baraza E, Bartolomé J, Jordi BF. 2015.** Comparative study of trophic behaviour and herd structure in wild and feral goats living in a mediterranean island: Management implications. *Applied Animal Behaviour Science* **165**: 81–87.
- Rivera Sánchez L. 2014.** Ecología trófica de ungulados en condiciones de insularidad.
- Robledo A, Rios S, Correal E. 1993.** El grupo *Medicago arborea* en la cuenca mediterranea: I. Origen, distribución y morfología. *Pastos* **23**: 55–67.
- Rosenbaum G, Lister GS. 2002.** Rosenbaum et al., 2002. Rewlative mortiosn of Frica, Iberia and europe during Alpine orogeny.pdf. **359**: 117–129.
- Rosenbaum G, Lister GS, Duboz C. 2002.** Reconstruction of the tectonic evolution of the western Mediterranean since the Oligocene. *Journal of the Virtual Explorer* **8**.
- Sáez L, Fraga P, López-Alvarado J. 2013.** The flora of the Balearic Islands. In: Cardona E, Estaún I, Comas M, Fraga P, eds. Islands and plants: Preservation and understanding of flora on Mediterranean. Maó: Consell Insular de Menorca, 20.
- Sáez L, Roselló JA, Fraga P. 2017.** *Llibre vermell de la flora vascular de les Illes Balears*. Direcció General Espais Naturals i Biodiversitat. Govern de les Illes Balears.
- Salgado-Luarte C, Escobedo VM, Stotz GC, Rios RS, Arancio G, Gianoli E. 2019.** Goat grazing reduces diversity and leads to functional, taxonomic, and phylogenetic homogenization in an arid shrubland. *Land Degradation and Development* **30**: 178–189.
- Salva Tomas PA. 1993.** Changes and perspectives in agricultural land-use and their geocological consequences for the mountain of Mallorca Island. *Pirineos* **141–142**: 85–96.
- Santamaría L, Larrinaga AR, Latorre L, Pericàs J. 2007.** Herbívoros exóticos del Archipiélago de Cabrera: Bases para una estrategia de gestión basada en la minimización de impactos. In: Proyectos de investigación en parques nacionales: 2003-2006. 293–306.
- Schweizer D, Jones HP, Holmes ND. 2016.** Literature Review and Meta-Analysis of Vegetation Responses to Goat and European Rabbit Eradications on Islands. *Pacific Science* **70**: 55–71.
- Scowcroft PG, Hobdy R. 1987.** *Recovery of Goat-Damaged Vegetation in an Insular Tropical Montane Forest*.
- Seguí B, Payeras L, Ramis D, Martínez A, Delgado JV, Quiroz J. 2005.** La cabra salvaje mallorquina: Origen, genética, morfología, notas ecológicas e implicaciones taxonómicas. *Bolleti de la Societat d'Historia Natural de les Balears* **48**: 121–151.
- Shahzad Aslam M, Choudhary B., Uzair M, Subhan Ijaz A. 2012.** The genus *Ranunculus*: a phytochemical and ethnopharmacological review. *International Journal of Pharmacy and Phramaceutical Sciences* **4**: 15–22.
- Shang X, He X, He X, Li M, Zhang R, Fan P, Zhang Q, Jia Z. 2010.** The genus *Scutellaria* an ethnopharmacological and phytochemical review. *Journal of Ethnopharmacology* **128**: 279–313.
- Shannon CE. 1948.** A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal* **27**: 379–423.
- Sharma V, Janmeda P. 2017.** Extraction, isolation and identification of flavonoid from *Euphorbia neriifolia* leaves. *Arabian Journal of Chemistry* **10**: 509–514.
- Shiels AB, Drake DR. 2015.** Barriers to seed and seedling survival of once-common Hawaiian palms: The role of invasive rats and ungulates. *AoB PLANTS* **7**: 1–10.

- Sibole J V., Cabot C, Poschenrieder C, Barceló J. 2003.** Efficient leaf ion partitioning, an overriding condition for abscisic acid-controlled stomatal and leaf growth responses to NaCl salinization in two legumes. *Journal of Experimental Botany* **54**: 2111–2119.
- Silván AM, Abad MJ, Bermejo P, Sollhuber M, Villar A. 1996.** Antiinflammatory activity of coumarins from *Santolina oblongifolia*. *Journal of Natural Products* **59**: 1183–1185.
- Simms EL, Rausher MD. 1987.** Costs and benefits of plant resistance to herbivory. *American Naturalist* **130**: 570–581.
- Small E. 1996.** Adaptations to herbivory in alfalfa (*Medicago sativa*). *Canadian Journal of Botany* **74**: 807–822.
- Smith B, Wilson JB. 1996.** A Consumer's Guide to Evenness Indices. *Oikos* **76**: 70.
- Stanley SM. 2018.** Paleontological Society Chronospecies ' Longevities , the Origin of Genera , and the Punctuational Model of Evolution Author (s): Steven M . Stanley Published by : Paleontological Society Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/2400145> the punctuational. *Paleobiology* **4**: 26–40.
- Stevens MT, Kruger EL, Lindroth RL. 2008.** Variation in tolerance to herbivory is mediated by differences in biomass allocation in aspen. *Functional Ecology* **22**: 40–47.
- Stone PA, Snell HL, Snell HM. 1994.** *Behavioral Diversity as Biological Diversity: Introduced Cats and Lava Lizard Wariness.*
- Stowe KA, Marquis RJ, Hochwender CG, Simms EL. 2000.** The evolutionary ecology of tolerance to consumer damage. *Annual Review of Ecology and Systematics* **31**: 565–595.
- Strauss SY, Agrawal AA. 1999.** The ecology and evolution of plant tolerance to herbivory. *Trends in Ecology & Evolution* **14**: 179–185.
- Su J, Wu Z-J, Zhang W-D, Zhang C, Li H-L, Liu R-H, Shen Y-H. 2008.** Two New Bis-coumarin Glycosides from *Daphne giraldii* NITSCHKE. *CHEMICAL & PHARMACEUTICAL BULLETIN* **56**: 589–591.
- Summers CB, Felton GW. 1994.** Prooxidant effects of phenolic acids on the generalist herbivore *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae): Potential mode of action for phenolic compounds in plant anti-herbivore chemistry. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* **24**: 943–953.
- Swofford DL. 2002.** PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony (and other methods).
- Sytwala S, Günther F, Melzig MF. 2015.** Lysozyme- and chitinase activity in latex bearing plants of genus *Euphorbia* - A contribution to plant defense mechanism. *Plant Physiology and Biochemistry* **95**: 35–40.
- Tan Y, Bai L, Xiao L, Wei S, Zhao H. 2010.** Herbivore stress by *Lygus lucorum* inducing protective enzyme activity and MDA content on different cotton varieties. *Cotton Science* **5**.
- Taylor GA, Lovegrove TG. 1997.** Flora and vegetation of Stanley (Atiu) Island, Mercury Islands. *Tane* **36**: 85–111.
- The Plant List v1.1. 2013.** The Plant List v 1.1.
- Thompson JD. 2020.** *Plant evolution in the Mediterranean. Insights for conservation.* Oxford University Press.
- Tiffin P. 2000.** Mechanisms of tolerance to herbivore damage: What do we know? *Evolutionary Ecology* **14**: 523–536.

- Tiimonen H, Aronen T, Laakso T, Saranpää P, Chiang V, Ylioja T, Roininen H, Häggman H. 2005.** Does lignin modification affect feeding preference or growth performance of insect herbivores in transgenic silver birch (*Betula pendula* Roth)? *Planta* **222**: 699–708.
- Tomás-Barberán FA. 1995.** Analysis of phenolic plant metabolites: *Phytochemistry* **38**: 1064.
- Torregrossa AM, Dearing MD. 2009.** Nutritional toxicology of mammals: Regulated intake of plant secondary compounds. *Functional Ecology* **23**: 48–56.
- Traveset A, Nogales M, Alcover JA, Delgado JD, López-Darias M, Godoy D, Igual JM, Bover P. 2009.** A review on the effects of alien rodents in the Balearic (western Mediterranean sea) and Canary islands (eastern Atlantic ocean). *Biological Invasions* **11**: 1653–1670.
- Traveset A, Richardson DM. 2006.** Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. *Trends in Ecology and Evolution* **21**: 208–216.
- Traveset A, Sáez E. 1997.** Pollination of *Euphorbia dendroides* by lizards and insects: Spatio-temporal variation in patterns of flower visitation. *Oecologia* **111**: 241–248.
- Treutter D. 2006.** Significance of flavonoids in plant resistance: A review. *Environmental Chemistry Letters* **4**: 147–157.
- Uesugi A, Kessler A. 2016.** Herbivore release drives parallel patterns of evolutionary divergence in invasive plant phenotypes (M Heard, Ed.). *Journal of Ecology* **104**: 876–886.
- Ullah N, Ahmad S, Malik A. 1999.** *Phenylpropanoid Glycosides from Daphne oleoides*.
- Velamazán M, San Miguel A, Escribano R, Perea R. 2017.** Threatened woody flora as an ecological indicator of large herbivore introductions. *Biodiversity and Conservation* **26**: 917–930.
- Villéger S, Mason NWH, Mouillot D. 2008.** New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology. *Ecology* **89**: 2290–2301.
- Vitousek PM, D'Antonio CM, Loope LL, Rejmanek M, Westbrooks RG. 1997.** Introduced species: A significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology* **21**: 1–16.
- Vives JA, Baraza YE. 2010.** La cabra doméstica asilvestrada (*Capra hircus*) en Mallorca ¿Una especie a erradicar? *Galemys* **22**: 193–205.
- Vogel P, Sofianidou T. 1996.** The shrews of the genus *Crocidura* on Lesbos, an Eastern Mediterranean Island. *Bonner Zoologische Beiträge* **46**: 339–347.
- De Vos A, Manville RH, Van Gelder RG. 1956.** Introduced mammals and their influence on native biota. *Zoologica* **41**: 163–194.
- Vourc'h G, Martin JL, Duncan P, Escarré J, Clausen TP. 2001.** Defensive adaptations of *Thuja plicata* to ungulate browsing: A comparative study between mainland and island populations. *Oecologia* **126**: 84–93.
- Vrieling K, van Wijk CAM. 1994.** Cost assessment of the production of pyrrolizidine alkaloids in ragwort (*Senecio jacobaea* L.). *Oecologia* **97**: 541–546.
- Vuorinen KEM, Rao SJ, Hester AJ, Speed JDM. 2020.** Herbivory and climate as drivers of woody plant growth: Do deer decrease the impacts of warming? *Ecological Applications* **30**: 1–13.
- Wallace SK, Eigenbrode SD. 2002.** Changes in the glucosinolate-myrosinase defense system in *Brassica juncea* cotyledons during seedling development. *Journal of Chemical Ecology* **28**: 243–256.

- Wang J, Lu J, Lan Y, Zhou H, Li W, Xiang M. 2013.** Total coumarins from *Urtica dentata* Hand prevent murine autoimmune diabetes via suppression of the TLR4-signaling pathways. *Journal of Ethnopharmacology* **146**: 379–392.
- Waterman PG, Ross JAM, Mckey DB. 1984.** Factors affecting levels of some phenolic compounds, digestibility, and nitrogen content of the mature leaves of *Barteria fistulosa* (Passifloraceae). *Journal of Chemical Ecology* **10**: 387–401.
- Watson GW, Malumphy CP. 2004.** *Icerya purchasi* Maskell, cottony cushion scale (Hemiptera: Margarodidae), causing damage to ornamental plants growing outdoors in London. *British Journal of Entomology and Natural History* **17**: 105–109.
- Wei H, Zhikuan J, Qingfang H. 2007.** Effects of herbivore stress by *Aphis medicaginis* Koch on the Malondialdehyde contents and the activities of protective enzymes in different alfalfa varieties. *Acta Ecologica Sinica* **27**: 2177–2183.
- Welker F, Duijm E, van der Gaag KJ, van Geel B, de Knijff P, van Leeuwen J, Mol D, van der Plicht J, Raes N, Reumer J, et al. 2014.** Analysis of coprolites from the extinct mountain goat *Myotragus balearicus*. *Quaternary Research (United States)* **81**: 106–116.
- Wickham H. 2016.** *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. New York, USA: Springer-Verlag.
- Wink M. 2008.** Plant Secondary Metabolism: Diversity, Function and its Evolution. *Natural Product Communications* **3**: 1205–1216.
- Winkler DE, Schulz E, Calandra I, Gailer JP, Landwehr C, Kaiser TM. 2013.** Indications for a dietary change in the extinct Bovid genus *Myotragus* (Plio-Holocene, Mallorca, Spain). *Geobios* **46**: 143–150.
- Wirz A, Simmen U, Heilmann J, Çalis I, Meier B, Sticher O. 2000.** Bisanthraquinone glycosides of *Hypericum perforatum* with binding inhibition to CRH-1 receptors. *Phytochemistry* **55**: 941–947.
- Wood SN. 2011.** Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Statistical Methodology)* **73**: 3–36.
- Wright K. 2018.** corrgram: Plot a Correlogram. R package version 1.13.
- Wu SH, Wu DG, Chen YW. 2010.** Chemical constituents and bioactivities of plants from the genus *Paeonia*. *Chemistry and Biodiversity* **7**: 90–104.
- Zahoor M, ali Khan F, Punjab Pakistan C, Pharm Sci PJ, Ali Khan F, Khan E. 2015.** *Chemical and biological evaluation of Ranunculus muricatus PCSIR Peshawar View project Biogenesis, Biologic Function and Clinical Potential of Exosomes in Different Diseases View project Chemical and biological evaluation of Ranunculus muricatus.*
- Zangerl AR, Berenbaum MR. 1997.** Cost of chemically defending seeds: Furanocoumarins and *Pastinaca Sativa*. *American Naturalist* **150**: 491–504.
- Zavaleta ES, Hobbs RJ, Mooney HA. 2001.** Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. *Trends in Ecology and Evolution* **16**: 454–459.
- Zwenger S, Basu C. 2008.** Plant terpenoids. Applications and future potentials. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews* **3**: 1–7.

ANEXO FOTOGRAFICO

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 1. Análisis de los caracteres de resistencia a la herbivoría en la flora endémica balear.



Fotografía 1. Ejemplo de especie de porte elevado accesible para los herbívoros, con propiedades tóxicas. La especie endémica de gimnesias *Paeonia cambessedesii*.



Fotografía 2. Ejemplo de especie de porte elevado accesible para los herbívoros, con propiedades tóxicas. La especie endémica de gimnesias, *Helleborus lividus*.



Fotografía 3. Ejemplo de especie espinosa accesible para los herbívoros. La especie endémica de gimnesias *Astragalus balearicus*.



Fotografía 4. Ejemplo de especie espinosa accesible para los herbívoros. La especie endémica de Mallorca *Rhamnus bourgeana*.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 1. Análisis de los caracteres de resistencia a la herbivoría en la flora endémica balear.



Fotografía 5. Ejemplo de especie rupícola inaccesible para los herbívoros. El endemismo de Mallorca, *Thymus richardii* ssp. *richardii*



Fotografía 6. Ejemplo de especie rupícola inaccesible para los herbívoros. El endemismo de Mallorca, *Lonicera pirenaica* ssp. *majoricensis*



Fotografía 7. Ejemplo de especie cespitosa en áreas con herbívoros. La especie amenazada *Ranunculus weyerii*.



Fotografía 8. Ejemplo de especie cespitosa en áreas con herbívoros. La especie tirrénica *Arenaria balearica*.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 2. Tolerancia a la herbivoría en endemismos baleares que carecen de herbívoros en su contexto ecológico.



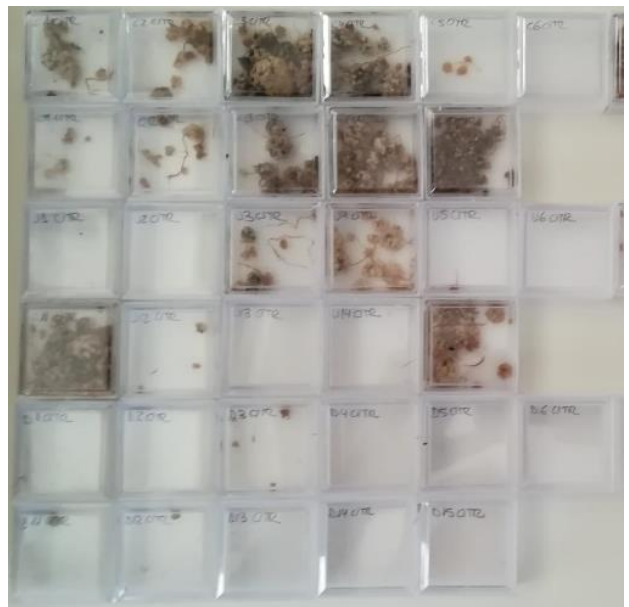
Fotografía 9. Muestras cultivadas de *Medicago citrina* en estadio juvenil en el momento de la obtención de datos



Fotografía 10. Ejemplo de la simulación de herbivoría eliminando el 80% de la parte aérea de la planta en una muestra del estudio en juveniles.



Fotografía 11. Muestras de raíces de *Medicago citrina* que corresponden al control, un corte y dos cortes respectivamente.



Fotografía 12. Nódulos aislados de *Medicago citrina* al finalizar el experimento. Las dos primeras filas corresponden a las plantas control, las dos siguientes al tratamiento de un corte y las dos últimas a dos cortes.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 3. Desbalance demográfico en poblaciones de especies tóxicas como indicador de sobrepastoreo en la vegetación insular.



Fotografía 17. Ejemplar de *Euphorbia dendroides*, la especie de estudio en el análisis de los efectos de la herbivoría sobre la dinámica poblacional.



Fotografía 18. Ejemplar de *Euphorbia dendroides*, la especie de estudio en el análisis de los efectos de la herbivoría sobre la dinámica poblacional.



Fotografía 19. Ejemplar de *Euphorbia dendroides* protegido por cercado de exclusión de herbívoros.



Fotografía 20. Ejemplar de *Euphorbia dendroides* expuesto a los herbívoros que fue depredado al terminar el experimento.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 4. Efecto de los herbívoros introducidos en las Islas Baleares sobre el éxito reproductivo de poblaciones insulares.



Fotografía 13. Ejemplar de la especie de estudio, *Anacamptis longicornu*, en el experimento de biología reproductiva.



Fotografía 14. Individuo fructificado de *Anacamptis longicornu* durante la evaluación de su éxito reproductivo.



Fotografía 15. Zona de exclusión realizado para evaluar el efecto de la depredación en la biología reproductiva de *Anacamptis longicornu*.



Fotografía 16. Efectos de depredación de *Anacamptis longicornu* en la zona accesible para herbívoros. Al fondo de la imagen, individuos floreciendo en la zona de exclusión.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 5. Cambios en la vegetación de hábitats microinsulares después de la erradicación de herbívoros.



Fotografía 21. Islot de s'Espartar, zona de estudio para el análisis de la recuperación poblacional de *Medicago citrina* tras la erradicación de los conejos.



Fotografía 22. Hábitat del islot donde aparecen individuos de *Medicago citrina* tras la erradicación del conejo.



Fotografía 23. Individuo de *Medicago citrina* encontrado en s'Espartar, en estadio reproductivo y de porte elevado.



Fotografía 24. Individuo de *Medicago citrina* afectado por *Icerya purchasi*, el principal problema de la especie para su conservación en el hábitat natural.

ANEXO FOTOGRÁFICO

Capítulo 4. Cambios en la vegetación de hábitats microinsulares después de la erradicación de herbívoros.



Fotografía 25. Islote de es Vedrà, zona de estudio del análisis del impacto de las cabras en las comunidades microinsulares.



Fotografía 26. Ejemplar de *Santolina vedranensis*, especie endémica del islote es Vedrà, volviendo a florecer al eliminar la mayor parte de las cabras.



Fotografía 27. Ejemplo de parcela permanente que fue analizada durante el periodo de estudio para evaluar los cambios en la cobertura vegetal.



Fotografía 28. Cambios observados durante el año de la erradicación parcial de cabras (2016) y el posterior (2017).