

**Llicenciatura de
Ciències
Ambientals**

2011-2012

**Estudi de l'evolució i distribució de
*Rhynchophorus ferrugineus***

**Bloc I: Anàlisi de l'evolució a Catalunya i
determinació d'un model lineal generalitzat mixte**



Autor: Marta Zamora Roca

Tutors: Dr. Fernando García del
Pino

Dr. Bernat Claramunt López

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona

Índex

I. Antecedents	5
.1 Origen i biologia <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	5
.2 Espècies de palmera infectades	10
.3 Síntomes d'infecció	13
.4 Plans d'acció contra el morrut de les palmeres	15
.5 Mètodes de control del <i>Rhynchophorus ferrugineus</i>	21
II. Justificació i objectius	24
III. Metodologia	26
1. Estudi global de l'evolució de <i>R. ferrugineus</i> a Catalunya	27
2. Estudi local de l'evolució de <i>R. ferrugineus</i> al municipi de Sant Feliu de Guíxols	28
IV. Resultats i discussió	31
1. Catalunya	41
2. Sant Feliu de Guíxols	41
V. Conclusions	50
VI. Bibliografia	52
VII. Pressupost	54
VIII. Programació	55
IX. Annexos	56

FIGURES

Figura 1.1. Mapa de l'origen i distribució *R. ferrugineus*.

Figura 1.2. Primeres aparicions de *R. ferrugineus* a l'Estat Espanyol.

Figura 1.3. Primers focus detectats a Catalunya.

Figura 1.4. Cicle de vida *R. ferrugineus*.

Figura 1.5. Imatge de l'ou del morrut de les palmeres.

Figura 1.6. Imatge de la larva de *R. ferrugineus*.

Figura 1.7. Imatge dels diferents estadis larvaris de *R. ferrugineus*.

Figura 1.8. Imatge d'un exemplar adult emergent de la pupa.

Figura 1.9. Imatge d'un exemplar adult de *R. ferrugineus*.

Figura 1.10. Imatge d'un exemplar mort de *Phoenix canariensis*.

Figura 1.11. Síntomes d'infecció del morrut de les palmeres.

Figura 1.12. Trencament de les fulles de la palmera.

Figura 1.13. Pèrdua i caiguda de les fulles de les palmeres.

Figura 1.14. Pla de control i eradicació de les Illes Canàries.

Figura 1.15. Situació actual de la plaga a Gran Canària.

Figura 1.16. Pòster i tríptic informatiu de *R. ferrugineus* del DARP.

Figura 1.17. Zona demarcada a Catalunya.

Figura 1.18. Tractament d'endoteràpia a *Phoenix canariensis*.

Figura 2.1. Diagrama dels objectius generals i específics de la memòria.

Figura 3.1. Diagrama de l'estructura metodològica emprada en la memòria.

Figura 3.2.1. Situació del municipi de Sant Feliu de Guíxols.

Figura 4.1.1. Situació dels municipis afectats per *R. ferrugineus* el mes de maig de 2007.

Figura 4.1.2. Evolució de *R. ferrugineus* a Catalunya des de l'any 2007 fins el 2011.

Figura 4.1.3. Incrementos anuals a: (a) província de Girona ; (b) província de Barcelona; (c) província de Tarragona.

Figura 4.1.4. Representació dels increments anuals de les tres províncies afectades per *R. ferrugineus*.

Figura 4.2.1. Diagrama de relació de la variable alçada amb la variable afectació.

Figura 4.2.2. Diagrama de relació de la variable distància als cinc afectats més propers amb la variable afectació.

Figura 4.2.3. Diagrama de relació de la variable distància mínima a la femella més propera amb la variable afectació.

Figura 4.2.4. Arbre de classificació.

TAULES

Taula 1.1. Rang d'hostes de *R. ferrugineus*.

Taula 1.2. Enemics naturals de *R. ferrugineus*.

Taula 3.2.1. Llistat de variables calculades mitjançant programari R.

Taula 3.2.2. Llistat de codis per a la caracterització dels diferents exemplars de palmeres en funció del seu sexe i el seu estat d'afectació.

Taula 4.1.1. Cens de palmeres afectades a la província de Girona; comarca de l'Alt i Baix Empordà, Gironès i La Selva.

Taula 4.1.2. Cens de palmeres afectades a la província de Tarragona; Comarca de l'Alt Camp, Baix Penedès i Baix Camp.

Taula 4.1.3 . Cens de palmeres de la província de Tarragona; comarca del Tarragonès.

Taula 4.1.4. Cens de palmeres afectades a la província de Barcelona; Comarca de l'Alt Penedès, Anoia i Baix Llobregat.

Taula 4.1.5. Cens de palmeres de la província de Barcelona; Comarca del Barcelonès, Garraf i Maresme.

Taula 4.1.6. Cens de palmeres de la província de Barcelona; Comarca del Vallès Oriental.

Taula 4.1.7. Cens de palmeres de la província de Barcelona; Comarca del Vallès Occidental.

Taula 4.2.1. Representació de les variables estudiades en la distribució de *R. ferrugineus*.

Taula 4.2.2. Valors dels diferents paràmetres del model lineal generalitzat mixte.



AGRAÏMENTS

Agrair a Dr. Fernando García del Pino i al Dr. Bernat Claramunt, tutors del projecte, el seu punt de vista més crític, la seva dedicació i seguiment constant de totes aquelles tasques que conformen el projecte. Donar les gràcies, també, al Dr Jesús Altabella, tècnic del Departament d'Agricultura de la Generalitat de Catalunya, per les dades i informació facilitada referent a l'origen i estat actual de la plaga i, finalment al Sr Josep Maria Riba, biòleg i col·laborador de la Universitat UB en el seguiment del *R. ferrugineus*, pel seu suport al llarg del treball de camp així com, en les tasques de geolocalització dels exemplars d'interès.

1. ANTECEDENTS

1.1. Origen i biologia del *Rhynchophorus ferrugineus*

El morrut de les palmeres, *Rhynchophorus ferrugineus*, és un coleòpter barrinador de la família dels curculioníds. Originari del Sud-est asiàtic i la Polinèsia, que s'ha estès de forma continuada per altres zones de clima temperat, colonitzant diferents espècies de palmeres. Durant l'any 1891 apareix per primera vegada a l'Índia essent ja descrit en l'any 1906 com un problema greu per la palma indiana o cocoter, *Coccus nucifera*, i al llarg de l'any 1917 en la palmera datilera, *Phoenix dactylifera*. En l'Orient mitjà es detecta l'any 1986 en els Emirats Àrabs (Murhy i Briscoe, 1999) i el 1992 a Egipte (Fig. 1.1.) sempre lligat a processos d'importació massiva de palmeres, ja que els focus d'entrada detectats eren massa allunyats entre sí per a tractar-se d'una dispersió autògena. Les primeres aparicions a l'estat espanyol daten de l'any 1995 i, es produïren a les províncies de Granada i Màlaga on, posteriorment, durant el transcurs de l'any 2004, també, va ser detectat a la Comunitat Valenciana. Durant l'any 2005 es va produir un fort avenç de la plaga, mitjançant l'expansió dels ja citats focus andalusos, es varen detectar els primers exemplars a Múrcia i es registraren molts focus a les 3 províncies valencianes (Fig. 1.2) fet que va obligar a l'arrencament i destrucció de les nombroses palmeres afectades. No és fins a finals de desembre del 2005 que és localitzat un primer focus a Catalunya, a la localitat del Vendrell (Fig. 1.3). Durant els últims anys ha estat detectat en països de la conca mediterrània com ara Itàlia, França, Grècia, Turquia, Xipre i Malta (Longo i Tamburino, 2005). Des de l'any 2006 apareixen en aquests països àmplies zones infectades en les que es van incrementant les seves poblacions any rere any.

D'altra banda, en els tres últims anys s'ha ampliat la seva expansió i detecció en la illa de Curasao en el mar Carib (2009) i en la zona del sud de l'estat de Califòrnia (2010).

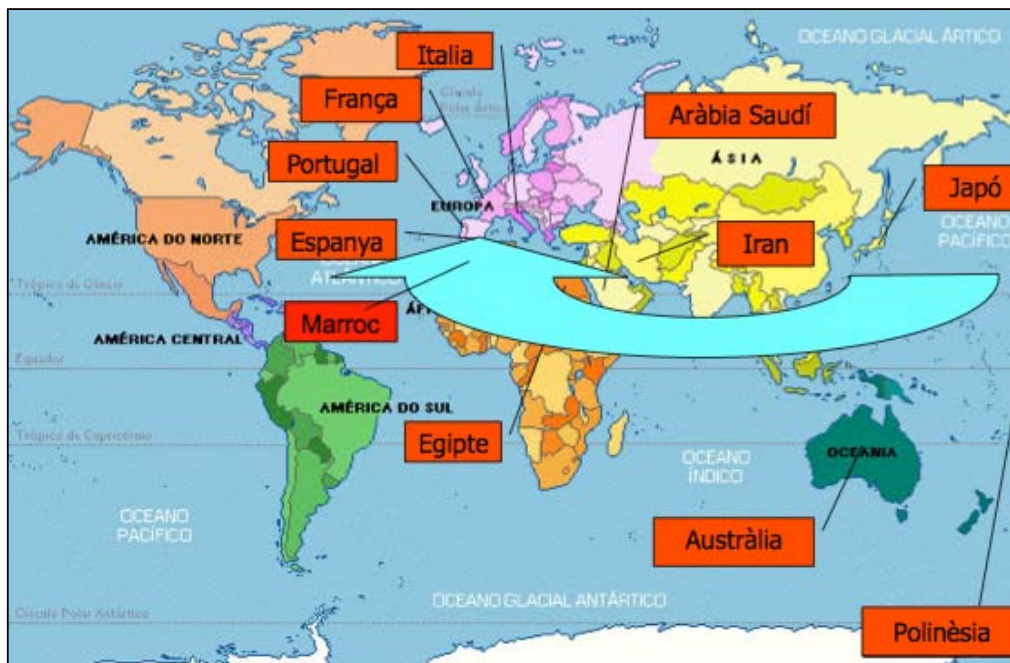


Figura 1.1. Mapa de l'origen i distribució mundial de la plaga de *Rhynchophorus ferrugineus*. Font: DARP

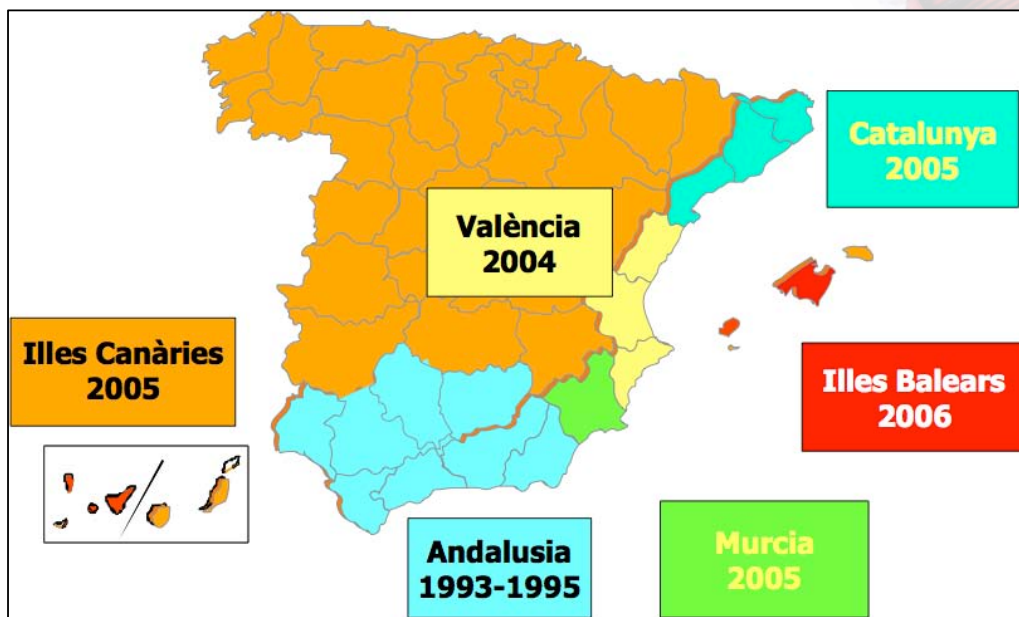


Figura 1.2. Primeres aparicions a l'Estat Espanyol. Font: DARP

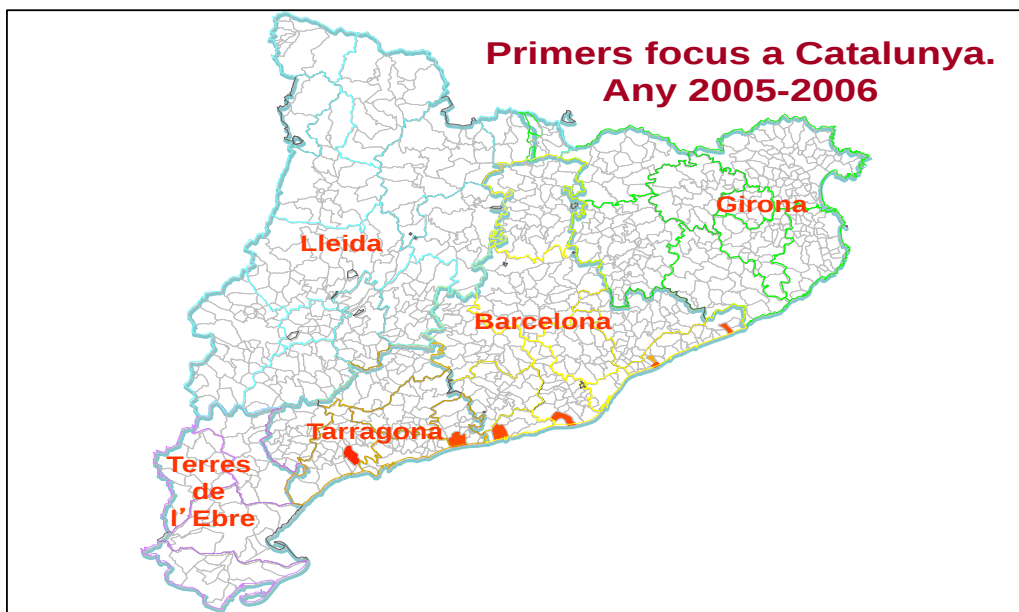


Figura 1.3. Primers focus detectats a Catalunya. Font: DARP

El *R. ferrugineus* viu i s'alimenta en l'interior de les palmeres, fet que dificulta la seva detecció amb una simple inspecció visual. Té una metamorfosis completa i, a més, podem trobar els quatre estadis diferents (Fig. 1.4) convivint al mateix temps: ou, larva, pupa i adult (Faleiro et al., 2002). L'interior de la palmera li proporciona protecció i una forta adaptabilitat a diferents zones geogràfiques on les condicions climàtiques divergeixen, les quals influeixen en els períodes de desenvolupament de les fases del seu cicle biològic.

Alguns dels aspectes del comportament del morrut de les palmeres fa que la lluita contra aquesta plaga sigui extremadament complicada, ja que, degut a la seva biologia i al seu caràcter gregari una única palmera infectada pot ser l'inici d'una gran infecció. Es tracta d'una plaga oculta que troba en la palmera l'aliment sobrant per desenvolupar-se i protegir-se enfront d'enemics naturals o tractaments fitosanitaris. A més, els símptomes són visibles amb un retràs que pot anar des dels tres mesos fins a pràcticament un any, obligant en certa manera a anar portant a terme les tasques de control per darrera la plaga.

Ha demostrat una gran capacitat d'adaptació a diferents entorns que, en principi, podrien semblar adversos i hostils per a la seva supervivència (Esteban Duran et al., 1998). Essent el seu clima originari tropical, s'ha establert amb gran èxit en zones desèrtiques amb temperatures extremes, en zones mediterrànies i en zones temperades com les Illes Canàries. La seva adaptabilitat queda patent en el gran nombre d'espècies de palmera que ha parasitat.

Té una capacitat de vol que pot estar entre els tres i cinc quilòmetres (Abbas et al., 2006). El vent juga un paper molt important en la seva dispersió, ja que els adults volen en contra del vent seguint el rastre dels atraients alimentaris que són transportats per aquest (Riba, comunicació personal). Però sense cap mena de dubte, el factor principal en la dispersió d'aquesta plaga és l'acció antròpica, que mitjançant el transport de plantes infectades obre la possibilitat de conquesta de nous territoris.

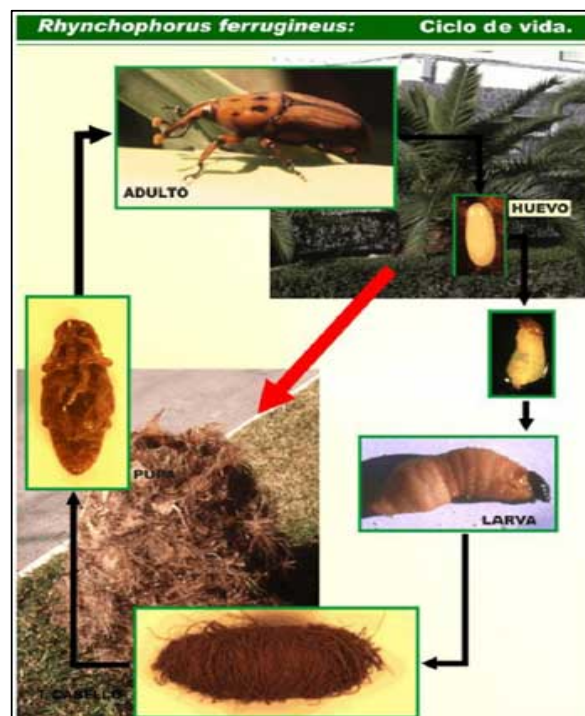


Figura 1.4. cicle de vida del *Rhynchophorus ferrugineus*. Font: Sociedad española de Entomología Aplicada.

Es tracta d'un insecte amb una gran capacitat reproductiva ja que tan sols precisa de tres a quatre mesos per desenvolupar totes les fases del seu cicle (Vives i García, 2006). Per tant, podria donar-se el cas en que trobéssim, com a mínim, tres generacions l'any. Tan sols abandonen la palmera les fases adultes i ho fan quan aquesta ja no pot acollir a la pròxima generació o bé quan ja no queda material vegetal intern per alimentar-se (Abbas et al., 2006).

Ou: l'ou de color groc clar, cilíndric i brillant té forma ovalada i mesura entre 1-2,5 mm (Fig. 1.5). Es localitzen a l'interior d'esquerdes, ferides o de petites càmeres realitzades per les femelles on són col·locats de manera independent o conjunta però sense entrar en contacte uns amb els altres. Els ous queden protegits i fixats per una secreció. Realitzen postes amb una mitjana d'entre 300 i 400 ous. Aquesta fase té una duració de dos a quatre dies.



Figura 1.5. imatge de l'ou del morrut de les palmeres.
Font: Sociedad española de Entomología Aplicada

Larva: es desenvolupen dins de la palmera i poden superar els 5 cm en l'últim estadi. Són àpodes, piriformes, de color groguenc i amb una càpsula encefàlica de color marró fosc brillant, dotada d'unes fortes mandíbules (Fig. 1.6). El període larvari (Fig. 1.7) necessita d'uns tres mesos per completar-se i està fortament influenciat per la temperatura. La larva s'alimenta del teixit vegetal intern de la palmera i com a conseqüència d'aquesta acció deixa una sèrie de galeries internes que poden arribar fins al metre de longitud. És la fase de l'insecte que causa un dany major a la palmera.



Figura 1.6. larva de l'insecte. Font: Servei de Sanitat vegetal (dept. Agricultura, ramaderia i pesca)



Figura 1.7. diferents estadis larvaris. Font: Servei de Sanitat vegetal (dept. Agricultura, ramaderia i pesca)

Pupa: al final del període larvari, la larva construeix una envolta de fibres provinents de la palmera en forma d'oval (Fig. 1.8). Tenen una longitud de quatre a sis centímetres i, es localitzen en la base de les fulles. Aquesta fase té una durada d'entre uns 15 a 30 dies. Un cop finalitzada la metamorfosi l'adult resta en el seu interior deu dies més.



Figura 1.8. adult emergent de la pupa. Font: Sociedad española de Entomología Aplicada.

Adult: pot viure de 45 a 90 dies, té el cos allargat i la seva longitud pot variar des de un mínim de 19 mil·límetres fins a un màxim de 45. De coloració variable; bru, ataronjat clar o vermell, amb o sense taques negres de forma i nombre variable (Fig. 1.9). L'abandonament de la palmera no té lloc de forma immediata sinó que es dona quan ja està avançat l'estat de descomposició o quan són atrets per substàncies procedents d'altres palmeres com a conseqüència de les podes. Tenen una activitat diürna, prefereixen caminar encara que, normalment, volen per trobar una altra palmera a la que poder infectar.



Figura 1.9. Exemplar d'un adult de *Rhynchophorus ferrugineus*. Font: Servei de sanitat vegetal (dept. agricultura, ramaderia i pesca).

1.2. Espècies de palmera infectades

La presència de *R. ferrugineus* en el nostre país durant més de 10 anys, des de la seva primera detecció en l'any 1995, ha afectat a un gran nombre de palmeres produint una important i notable pèrdua del patrimoni paisatgístic de les Arecàcies (Ávalos i SOTO, 2011) (Fig. 1.10).

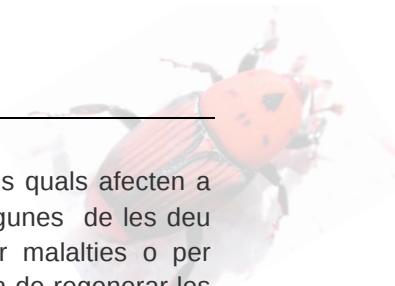


Figura 1.10. exemplar mort de *Phoneix canariensis*. Font: elaboració pròpia.

Les Arecàcies constitueixen una família de plantes monocotiledònies pertanyents a l'orde Arecales, normalment conegudes com a palmeres o palmes. Es troben àmpliament distribuïdes en regions tropicals i temperades però, principalment, en regions càlides. Els seus representants es distribueixen en zones temperades com és el cas de *Chamaerops*, així com en ambients desèrtics, boscos tropicals i zones de manglars, *Phoenix spp.* i *Nypa fruticans* respectivament. També hi trobem altres exemplars des de zones pròximes al nivell del mar (*Cocos nucifera*) fins altituds molt més elevades (*Trachycarpus*).

Les espècies més susceptibles a ser afectades en la zona d'origen d'aquest coleòpter són *Cocos nucifera* i *Elaeis guineensis* mentre que, a la regió mediterrània afecta, principalment, a *Phoenix canariensis* i *Phoenix dactylifera* (Murphy i Briscoe, 1999). La primera és endèmica de les Illes Canàries. A causa de la seva bellesa, facilitat d'adaptació i resistència al fred és una de les palmeres que més s'ha emprat en jardineria i és en aquestes illes on es considera com a espècie protegida a més, de representar un símbol natural de l'Arxipèlag Canari¹. La datilera, en canvi, té el seu origen en el nord d'Àfrica i l'oest asiàtic. La major concentració d'aquestes a la Península Ibèrica es troba localitzada a "El Palmeral", situat a la ciutat de Elx (València), que consta de 507,4 ha declarades com a Patrimoni de la Humanitat per la UNESCO l'any 2000. En aquesta zona s'aplica una horticultura intensiva amb sistema de regadiu, on s'exploten les palmeres datileres per a la seva producció de dàtils i també per a la fabricació de la palma blanca a partir de les seves fulles.

¹ Ley 7/1991, de 30 de abril, de símbolos de naturaleza para las Islas Canarias



El gènere *Rhynchophorus* està integrat per deu espècies, set de les quals afecten a multitud d'espècies de palmeres (Watta-Napongsiri, 1996). Si bé algunes de les deu espècies són oportunistes i ataquen a palmeres estressades per malalties o per transplantaments, ja que algunes palmeres tenen una capacitat lenta de regenerar les seves arrels després del transplantament, fet que les fa vulnerables al atac d'alguna d'aquestes espècies del gènere (Giblin-Davis i Howard, 1988). De la totalitat de la família Arecàcies (Fig. 1.12) 19 espècies són hostes del *R.ferrugineus*.

Taula 1.1. Rango de hospedantes de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1970) y diámetro de la palmera hospedante (Coleoptera, Curculionidae). Font: P. Barranco, J.A. de la Peña, M.M. Martín y T.Cabello.

	<i>ferrugineus</i>	<i>palmarum</i>	<i>phoenicis</i>	<i>bilineatus</i>	<i>cruentatus</i>	<i>vulneratus</i>
<i>Acromia aculeta</i>		X				
<i>Acromia lasiophata</i>		X				
<i>Acromia sclerocarpa</i>		X				
<i>Areca catechu</i>	X					
<i>Arenga pinnata</i>	X					
<i>Arenga saccharifera</i>						X
<i>Attalea cohume</i>		X				
<i>Bactris major</i>		X				
<i>Borassus flabelliger</i>	X					
<i>Borassus dethioparum</i>		X				
<i>Caryota sp.</i>					X	
<i>Caryota maxima</i>	X					
<i>Caryota cumingii</i>	X					
<i>Cocos coronata</i>		X				
<i>Cocos fusiformis</i>		X				
<i>Cocos nucifera</i>	X	X		X		X
<i>Cocos romanziffiana</i>		X				
<i>Cocos schyzophylla</i>		X				
<i>Cocos vagans</i>		X				
<i>Corypha elata</i>	X					
<i>Corypha gebenga</i>	X					
<i>Chrysalidocarpus lutescens</i>		X				
<i>Desmoneus major</i>		X				
<i>Elaeis guineensis</i>	X	X	X			X
<i>Euterpe broadwayana</i>		X				
<i>Gulielma sp.</i>		X				
<i>Hyphaene sp.</i>			X			
<i>Latania sp.</i>					X	
<i>Livistonia chinensis</i>						X
<i>Livistonia decipiens</i>	X*					
<i>Manicaria saccifera</i>		X				
<i>Maximiliana caribea</i>		X				
<i>Metroxylon sagu</i>	X	X		X		X
<i>Metroxylon salomonense</i>				X		
<i>Nipa sp.</i>	X					
<i>Oncosperma horrida</i>						X
<i>Oncosperma tigillaria</i>						X
<i>Oreodoxa oleoacea</i>		X				
<i>Oreodoxa regia</i>	X					X
<i>Phoenix canariensis</i>	X				X	
<i>Phoenix dactylifera</i>	X		X		X	
<i>Phoenix sylvestris</i>	X					
<i>Phoenix reclinata</i>			X			
<i>Pritchardia sp.</i>					X	
<i>Raphia vinifera</i>			X			
<i>Roystonea sp.</i>	X				X	
<i>Sabal palmeto</i>					X	
<i>Sabal serulata</i>					X	
<i>Sabal umbraculifera</i>	X	X				
<i>Serenoa repens</i>					X	
<i>Trachycarpus fortunei</i>	X*					
<i>Washingtonia robusta</i>	?	X			X	

1.3. Síntomes d'infecció

La instal·lació de *R. ferrugineus* a la palmera es produeix a la corona, on els individus adults migren cap a les parts altes i és on les femelles realitzen la posta (Faleiro et al., 2002). Generalment, les palmeres atacades no mostren cap tipus de simptomatologia ja que, com ja hem esmentat amb anterioritat, en les primeres fases d'atac, és a dir, durant els períodes primerencs aquestes no mostren cap canvi a nivell morfològic fet que dificulta la detecció precoç dels símptomes. Així doncs, els símptomes apareixen, de forma lleu, passats uns mesos de la primera infecció.

Un cop superats aquets primers mesos es poden començar a apreciar, de forma visual, aquells símptomes externs basats en la presència d'orificis circulars o ovalats ens els folíols de les fulles, talls en les zones mitges o apicals així com galeries en els raquis d'aquestes (Fig. 1.11).



Figura 1.11. orificis circulars i ovalats conseqüència de l'atac del morrut de les palmeres. Font: elaboració pròpia.



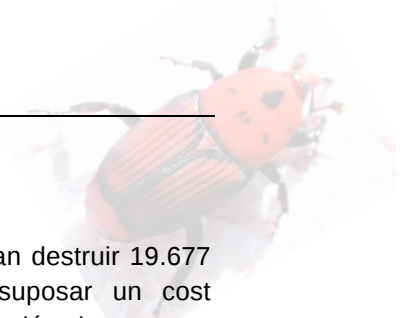
Figura 1.12. Trencament de les fulles de la palmera. Font: elaboració pròpia

Aquests símptomes són de fàcil identificació però no es mostren en la totalitat de les palmeres afectades.

D'altra banda, a mesura que l'atac avança, es produeix una asimetria en la corona de la palmera degut a que moltes fulles es trenquen i cauen sobre les inferiors, poden anar acompanyades de fulles seques (Fig. 1.12 i 1.13). Sovint les fulles més joves recent emergides es tomben, donant lloc a un decaïment general en aquesta zona. Aquests símptomes indiquen una gravetat dels danys produïts a la palmera degut a la colonització per part de larves i adults de l'ull terminal.



Figura 1.13. Pèrdua i caiguda de les fulles conseqüència de l'afectació pel *R. ferrugineus*. Font: elaboració pròpia.



1.4. Pla d'acció contra el morrut de les palmeres

Entre l'any 2004 i 2009, tan sols en la Comunitat Valenciana, es van destruir 19.677 palmeres, majoritàriament *P. canariensis*, aquesta pèrdua va suposar un cost aproximat de 27 milions d'euros, entre el propi cost de la destrucció, el programa d'eradicació, a baix especificat, i, el valor dels exemplars afectats. Aquest fet unit al important valor ambiental va propiciar el desenvolupament d'una metodologia i programes de control a les diferents Comunitats Autònomes entre les que destaquem Comunitat Valenciana, Illes Canàries i Catalunya.

1.4.1. Comunitat Valenciana

Des de que es va detectar per primera vegada la presència del *R. ferrugineus* l'administració de la zona ha intentat controlar la seva expansió a través de l'aplicació dels mitjans tècnics que ofereix l'estat actual dels coneixements sobre la plaga.

Les feines de vigilància es realitzen mitjançant la inspecció visual amb prismàtics però, pel que fa als casos on sorgeixen dubtes, es dur a terme una aproximació a la corona de la palmera.

Els tractaments fitosanitaris s'han d'aplicar, de forma preventiva, a tots aquells exemplars sensibles, intentant que quedin ben cobertes aquelles parts subjectes a la penetració del insecte. Aquests tractaments es realitzen de forma periòdica, principalment, al llarg de la primavera i la tardor.

En el cas dels viveristes i dels productors de palmeres l'aplicació d'insecticides es dur a terme de manera sistemàtica per goteig. Els serveis tècnics de la conselleria recomanen la realització de vuit tractaments a l'any des de l'inici del mes de març fins al novembre, intercalant diferents productes fitosanitaris.

Pel que fa a la recuperació o eliminació de les palmeres infestades, les accions dependran del grau de infecció. Per aquest motiu és necessari una valoració del nivell d'afectació per tal de procedir al sanejament o a la destrucció dels diferents exemplars. En el cas de les palmeres on el grau d'afectació per part de l'insecte no sigui excessivament greu es procedeix a la seva recuperació mitjançant l'eliminació de les fulles de la corona i la posterior neteja de la part afectada amb la precaució de no malmetre el meristema apical. Un cop finalitzada la neteja s'han d'utilitzar tractaments fitosanitaris a totes aquelles palmeres situades en indrets pròxims al exemplar afectat cada 30-40 dies.

En aquelles palmeres, la recuperació de les quals no sigui possible, es procedeix a la total destrucció de la planta i a l'eliminació per trituració de les seves restes. El pas previ a la destrucció completa de l'exemplar consisteix en la utilització d'un tractament insecticida i, finalment, el posterior tall i abatiment de la corona procurant no donar cops, excessivament violents, per evitar la dispersió dels adults. Si la tala té lloc en l'època de vol es protegeix la corona amb un plàstic. El transport es dur a terme mitjançant camions banyera coberts per una doble malla, que porten les restes vegetals a una planta de gestió de residus vegetals on són destruïts per trituració en un termini inferior a 24 hores. Finalment, en aquest cas, també, es realitzen tractaments fitosanitaris cada 30-40 dies aquells exemplars pròxims al ja destruït.

L'administració estableix àrees de trampeig en aquells llocs on la presència de la plaga ja ha estat detectada prenent com a perímetre el definit per les deteccions realitzades, descartant tant els casos aïllats com aquells que disten en més d'un quilòmetre

d'altres infeccions. Aquesta estratègia té per objectiu concentrar la plaga en zones ja afectades, ja que existeix el risc de dispersió.

Amb la publicació de l'Ordre, 22 de desembre de 2009, la Conselleria d'Agricultura, defineix l'orientació de les seves actuacions en la Comunitat, centrant la seva estratègia en la prevenció, en la lluita contra la plaga amb col·laboració amb la resta de sectors implicats (particulars, entitats locals, viveristes, productors), en la protecció dels palmerars històrics i, en el suport a la investigació.

L'actual situació econòmica en la que es troba immersa el país unida a la ràpida dispersió de la plaga fan que les mesures establertes per l'Administració siguin poc efectives degut al baix control que es fa de la seva aplicació.

1.4.2. Illes Canàries

L'arribada del morrut de les palmeres ha suposat una gran amenaça per la conservació de la palmera canària i pel medi ambient de les Illes. Per combatre'l el Govern de Canàries està executant un pla de control i eradicació de la plaga, on s'estableixen mesures legislatives per garantir la conservació de les palmeres, especialment la *Phoenix canariensis*, amb actuacions no només directes (eliminació, trampeig, tractaments, control de moviments de material vegetal) sinó també de manera indirecta amb la formació de personal que realitza podes i treballs en palmeres, sensibilització i informació a la població i autoritats; fins a data d'avui, el pla de control està donant resultats positius, disminuint sensiblement el nombre d'exemplars afectats i va possibilitar la declaració de dos àrees lliures del organisme nociu, al dur tres anys sense cap eliminació ni captura en trapes (Martín i González, 2010).

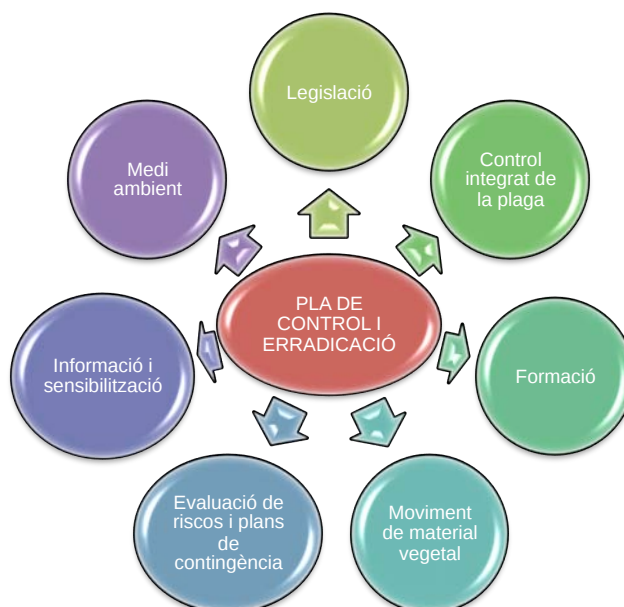


Figura 1.14. mesures i actuacions que inclou el pla de control del Govern de Canàries. Font: elaboració pròpia

Cal destacar els intents realitzats pel Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM), des de 1995, al publicar una sèrie de disposicions a nivell nacional, (ja que en aquell moment no hi havia cap regulació a nivell europeu) per protegir al territori enfront de l'arribada de noves palmeres afectades. Aquests intents van resultar poc efectius ja que seguia entrant material vegetal contaminat a través d'altres estats europeus sense cap regulació.

Pel que fa a l'actuació directa contra l'insecte es dissenya una estratègia mitjançant tècniques de control integrat de la plaga que consisteixen en l'eliminació de les palmeres infestades un cop s'ha confirmat l'atac del morrut i la impossibilitat de recuperació.

En les àrees demarcades es realitzen tractaments fitosanitaris amb l'objectiu de disminuir la pressió de la plaga en el focus, eliminant aquells estadis que puguin estar afectant a les palmeres i que no han estat detectats, així com intentar reduir la possibilitat de que les palmeres sanes s'infestïn amb la, posterior, instal·lació de trampes per tal d'atraure als adults fins al centre dels focus per evitar la seva dispersió trampes (Martín i González, 2010).

S'han realitzat avaluacions de riscos en totes les illes de l'arxipèlag canari per detectar símptomes sospitosos. Així mateix, s'ha elaborat un pla de contingència, que es posa en funcionament cada vegada que es detecta una nova zona afectada, en el qual es defineixen les actuacions a realitzar per les diferents administracions, així com per els propietaris privats; bàsicament s'estableix com es delimitarà la zona.

Pel que fa a la informació i sensibilització, s'han dut a terme diverses campanyes amb l'objectiu de formar i informar a tots aquells agents implicats, intentat que el major nombre de persones estiguin involucrades en el pla d'eradicació.

Pel que fa a aquelles actuacions de caràcter ambiental, la protecció dels espais naturals ha estat una prioritat des de la primera detecció de la plaga és, doncs, per aquest motiu que, s'han desenvolupat accions de seguiment i mostreig en palmeres naturals i en àrees susceptibles d'acollir la plaga mitjançant actuacions de localització, identificació i diagnosi dels possibles nuclis afectats (Fig. 1.15).



Figura 1.15. Situació actual de la plaga a Gran Canària. Font: Govern de Canàries

1.4.3. Catalunya

A Catalunya, el primer focus de la plaga es va localitzar a la localitat del Vendrell (comarca del Baix Penedès, província de Tarragona) durant el mes de desembre del 2005. La Generalitat de Catalunya va establir immediatament accions de prevenció, lluita i eradicació contra la plaga, i va publicar les normatives següents:

- **Ordre ARP/343/2006**, de 3 de juliol, per la qual es declara l'existència oficial de la plaga a Catalunya del morrut roig de les palmeres *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1970), i es qualifica de utilitat pública la prevenció i la lluita contra aquesta plaga, modificada per l'ordre **AAR/226/2009**, de 6 de maig.
- **Resolució AAR/2802/2010**, de 12 d'agost, per la qual s'estableix a Catalunya, la zona demarcada de la plaga del morrut roig de les palmeres *Rhynchophorus ferrugineus*, modificada per la **Resolució AAR/3497/2010 de 20 d'octubre**.

Des de la detecció de la plaga, el Servei de Sanitat vegetal de la Generalitat de Catalunya ha mantingut actualitzada la seva web oficial en referència a les dades d'evolució de la plaga en aquest territori, la corresponent normativa europea, estatal i catalana, informació tècnica, així com els protocols per als ajuntaments, els particulars i els proveïdors de palmeres. Aquestes informacions s'han reforçat amb tríptics, fitxes i pòsters divulgatius (Fig. 1.16) així com, també, s'han dut a terme reunions amb el sector i jornades tècniques.



Figura 1.16. Exemple del tríptic i del pòster informatiu sobre el morrut de les palmeres. Font: Servei de Sanitat vegetal

Pel que fa als proveïdors de palmeres sensibles a la plaga, aquests, són objecte d'inspeccions periòdiques per part dels Servei de Sanitat Vegetal i/o empreses públiques en les quals es delegui o contracti. Les inspeccions són, com a mínim, trimestrals i en aquestes es controla el compliment dels requisits establerts per la Decisió 2007/365/CE i les seves modificacions posteriors.

En el cas de que es confirmi la presència de l'organisme nociu en l'establiment d'un proveïdor es duran a terme les següents actuacions:

- Destrucció de les palmeres
- Immobilització de totes les palmeres de les espècies sensibles
- Retirada del passaport fitosanitari CE durant un termini de dos anys.

Quan dels resultats de les prospeccions oficials portades a terme per detectar la presència de l'insecte, o per notificacions de titulars públics o privats de palmeres, es confirma la seva presència en una àrea determinada, s'estableixen zones demarcades, aquelles zones que integren la zona tampó i la zona infestada, i s'adopten mesures oficials.

- Zona infestada: àrea de vigilància intensiva que avarca un cercle de 1 Km de radi al voltant del focus en el qual s'ha confirmat la presència de *R. ferrugineus*.
- Zona tampó: àrea que engloba un total de 10 Km des de el límit de la zona infestada. Aquesta zona delimita la zona d'afectació i en ella es realitzen les respectives prospeccions per localitzar possibles plantes afectades.

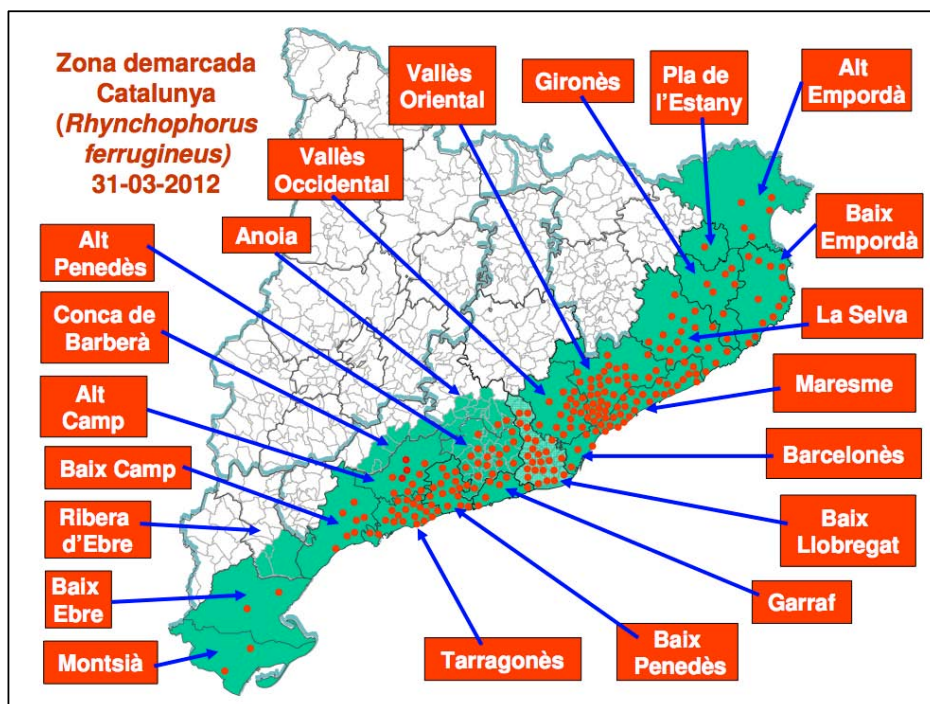
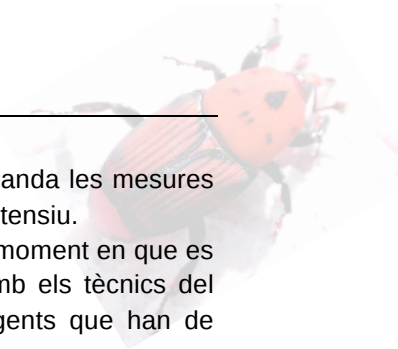


Figura 1.17. Darrera actualització de la zona demarcada a Catalunya. Font: DARP



Les mesures que s'emprenen en la zona demarcada són per una banda les mesures d'eradicació i, d'altra banda, les mesures de prevenció i seguiment intensiu.

Pel que fa a aquelles mesures relacionades amb l'eradicació, en el moment en que es detecta una palmera afectada es contacta de forma immediata amb els tècnics del ajuntament i s'informa als particulars afectats de les mesures urgents que han de prendre.

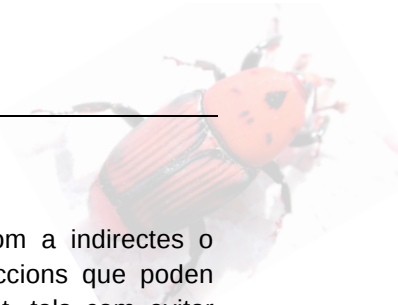
Aquestes mesures consisteixen en l'eliminació immediata de la plaga mitjançant la prospecció i vigilància de palmeres sensibles a aquesta per tal de detectar qualsevol afectació de forma ràpida. Es recomana l'adopció de mesures culturals entre elles, no podar ni realitzar treballs que poden causar ferides fora dels mesos d'hivern així com, també, dur a terme un mínim de dos o tres tractaments insecticides preventius anuals en la base de la copa.

Pel que fa al material resultant de talar o destruir la part afectada es gestionarà de manera que no suposi un risc de propagació de la plaga. La destrucció més idònia de les parts afectades és mitjançant la trituració i, es tindrà especial atenció en el transport d'aquest material el qual es tractarà prèviament amb productes insecticides.

Finalment en les zones demarcades en les quals l'organisme ja està fortament implantat, on els resultats de les inspeccions anuals, en com a mínim tres anys, posin de manifest la impossibilitat d'eradicar l'organisme en el termini d'un any, el pla d'actuació es centrarà bàsicament en la contenció, mantenint l'eradicació com a objectiu a llarg termini (són les anomenades zones demarcades ja existents).

En aquestes zones es duran a terme mesures com la inspecció trimestral dels proveïdors de palmeres, prospecció i vigilància de les palmeres sensibles amb la finalitat de detectar exemplars sospitosos o afectats ràpidament, facilitant informació continuada als implicats (tècnics municipals, particulars, jardineros i altres agents del sector) sobre els símptomes de la plaga, les palmeres sensibles i les mesures de prevenció. També, es demana la màxima implicació per part dels titulars de palmeres en la vigilància fitosanitària d'aquestes i, en el seguiment de les mesures preventives que recomana el Servei de Sanitat Vegetal a través de la seva pàgina web.

Totes aquestes actuacions han de dur-se a terme d'acord amb els protocols establerts.



1.5. Mètodes de control del *Rhynchophorus ferrugineus*

A trets generals, els mètodes de control es poden classificar com a indirectes o directes. Els primers corresponen al conjunt de totes aquelles accions que poden contribuir a evitar la colonització de palmeres per part del morrut, tals com evitar realitzar ferides i podes en determinades èpoques de l'any, especialment a l'estiu, així com evitar realitzar noves plantacions de *Phoenix canariensis* i *Phoenix dactylifera*. També s'aconsella protegir les ferides amb màstic o tractar-les amb un insecticida.

Els **mètodes directes** poden ser tractaments preventius quan la palmera no està infestada o bé curatius, com és el cas de l'aplicació de diferents compostos, ja siguin químics o biològics, quan ja hi ha infestació. Aquests es classifiquen en:

Mètodes químics:

- **Tradicionals:** Es basen en l'ús de insecticides de síntesi química de caràcter genèric, és a dir, actuen sobre un ampli rang de processos fisiològics compartits per un gran nombre d'insectes. Generalment presenten la capacitat de ser neurotòxics, de manera que poden afectar a la pròpia salut humana en funció de la dosi aplicada.

Les substàncies actives i formulats hauran d'estar específicament autoritzats en el "Registro Oficial de Productos y Material Fitosanitario" del "Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente" per al control d'aquesta plaga en palmàcies.

Els productes més emprats autoritzats en el Registre Oficial de Productes Fitosanitaris, són: Abamectina 1,8% EC, Clorpirifos 48% EC, Imidacloprid 20% SL i Tiametoxam 25% WG.

Els mètodes d'aplicació de productes químics més comuns són:

1. Polvorització gruixuda a la copa mitjançant : substàncies actives: Clorpirifos 48% EC i Imidacloprid 20% SL
2. Endoteràpia: Injecció de insecticides directament al sistema vascular de la planta a través del tronc. Es fa ús principalment de Abamectina 1,8% EC, Imidacloprid 20% SL i Tiametoxam 25% WG. (Fig. 1.18).

També es fa ús de insecticides sistèmics que al aplicar-los en un vegetal penetren fins als teixits conductors d'aquest i es reparteixen per tot l'individu. L'objectiu principal d'aquest tipus de tractament és, per una banda, en palmeres sanes, impedir l'atac del morrut mentre que, d'altra banda, en palmeres afectades, el control de la plaga.

Els tractaments a tercers, han de ser efectuats per empreses o entitats inscrites al Registre Oficial d'Establiments i Serveis Plaguicides (ROESP) que gestiona el Servei de Sanitat Vegetal i amb personal degudament qualificat.

Els tractaments fitosanitaris realitzats per particulars en els seus propis jardins i que no disposin del carnet d'aplicador de productes fitosanitaris, tan sols

podran ser realitzats amb productes fitosanitaris autoritzats en Jardineria Exterior Domèstica.(DARP)

- **Bioracionals:** Mètodes selectius que afecten a determinats processos fisiològics exclusius de l'organisme diana sobre el qual es vol actuar. Els més destacats són el control hormonal, els inhibidors de síntesi de quitina i l'ús de feromones. Aquests últims es basen en la col·locació de trampes que contenen unes feromones anomenades kairomones. Aquestes es defineixen com a substàncies al·leloquímiques que emeses per un individu produeix en el receptor un comportament o reacció favorable a aquest últim. Són segregades a partir de les ferides de les palmeres degut a causes naturals o antròpiques (les podes), de manera que, els mascles de *R. ferrugineus* es veuen atrets per aquesta i, un cop colonitzat un nou individu vegetal, aquest emet ferrugineol, una feromona d'agregació que atrau més individus de la mateixa espècie i així fer efectiva la colonització (Ferry i Gómez, 2002). Fent ús d'aquestes propietats, s'han dissenyat paranys pel seguiment del vol i nivells poblacionals de la plaga, així com per a la captura massiva d'adults.

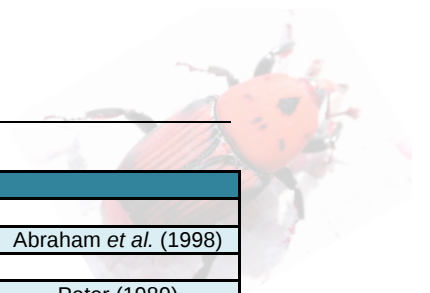
És important destacar que els insecticides químics maten a tots els insectes, ja siguin organismes diana o no, fet que comporta l'aparició de plagues secundàries a causa del desequilibri ecològic generat en el sistema. La reiterada aplicació de substàncies químiques per eliminar una plaga genera, a la llarga, una resistència del insecte al producte i obliga, d'aquesta manera, a sintetitzar nous productes molt més potents i tòxics per poder continuar controlant la plaga.

Mètodes de control biològic

En les zones d'origen de *R. ferrugineus* s'han dut a terme diferents estudis per tal de poder determinar una classificació de les diferents comunitats d'enemics naturals. Aquesta classificació inclou bacteris, virus, paràsits i insectes depredadors (Taula 1.2).

Taula 1.2. Natural enemies of *Rhynchophorus* species. Font: Murphy, S. T.; Briscoe, B. R. (1999) The red palm weevil as an alien invasive: biology and the prospects for biological control as a component of IPM.

Species	Location of record	Crop	Reference
Nematodes			
Entaphelenchidae			
<i>Praecocilenchus ferruginophorus</i>	India, Kerala	coconut	Rao & Reddy (1980)
Bacteria			
Pseudomonadaceae			
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	India, Kerala	coconut	Banerjee & Dangar (1995)
Viruses			
Cytoplasmic polyhedrosis virus	India, Kerala	coconut	Gopinadhan <i>et al.</i> (1990)
Mites (ectoparasites?)			
Laelapidae			
<i>Hypoaspis sp.</i>	India, Tamil Nadu	coconut	Peter (1989)
Pymotidae			
<i>Tetrapolypus rhynchophori</i>	?	?	Peter (1989)



Insects			
Forficulidae			
<i>Chelisoches morio</i>	India, Kerala	coconut	Abraham et al. (1998)
Scoliidae			
<i>Scolia erratica</i>	Indonesia, Java	?	Peter (1989)
"	Singapore	?	Wattanapongsiri (1966)
Sarcophagidae			
<i>Sarcophaga fuscicauda</i>	India	?	Peter (1989)
"	India, Kerala		Iyer (1940)

L'escassetat d'enemics naturals en el nostre país ha condicionat la creixent plaga de *R. ferrugineus*, de manera que, s'ha hagut d'optar per a l'aplicació de diferents mètodes.

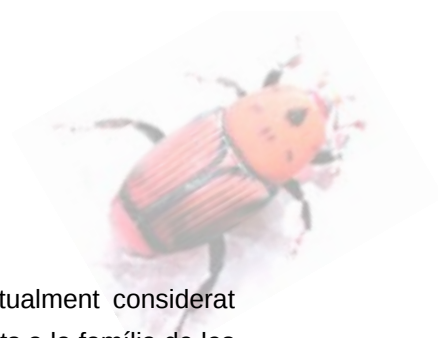
Tot i la eficàcia que s'ha observat en els diversos tractaments químics, sobretot quan la infestació és lleu, és la toxicitat que presenten per els éssers vius i la pròpia salut humana. Aquest fet comporta la necessitat de buscar alternatives com és l'aplicació de biopesticides, donat que no generen residus perillosos, redueixen significativament el impacte sobre les espècies que no són objecte de tractament i a llarg termini poden ser més efectius que els insecticides sintètics. Però, també, presenten inconvenients com una capacitat d'actuació lenta i, la seva efectivitat es pot veure reduïda degut a la influència d'altres factors biòtics i abiòtics.

Degut a la ineficàcia d'alguns dels tractaments aplicats, mitjançant insecticides, per tal d'aconseguir un control efectiu de la plaga és necessari una ràpida detecció dels focus per tal de procedir a l'arrencament i destrucció de les palmeres afectades i evitar, així, la dispersió de la plaga.

Actualment el seu control l'associació de metodologies de control integrat com són els tractaments químics (Kaakeh, W, 2006), biològics (Llácer et al., 2009; Güerry Agullo et al., 2010), la utilització de trampes de captura d'adults (Ávalos y Soto, 2010) o el sanejament dels teixits en les plantes afectades (Gómez y Ferri, 2009). Encara que en els últims anys s'ha avançat en el coneixement d'aquestes tècniques mitjançant estudis i assajos realitzats per diferents grups d'investigació, segueixen sent molt laborioses i comporten un elevat cost econòmic que, sovint, és prohibitiu per propietaris privats o Administracions públiques amb pressupostos limitats. La ràpida propagació del insecte en els països amb hàbitats naturals de palmeres i cultivadors d'aquestes requereixen el desenvolupament de noves mesures de control de la plaga. Fins a data d'avui, el caràcter ocult de la plaga, el desconeixement de la seva preferència de mobilitat, així com l'ampli període de vol dels adults obliguen a aplicar mètodes indirectes de caràcter preventiu per a preservar el material vegetal i evitar la dispersió de la plaga. La convivència permanent amb la plaga és difícil i molt costosa per tant, sembla que les mesures preventives resulten, de moment, les més adequades i de les que s'obté una major rendibilitat quan s'apliquen de forma global, en extensions àmplies així com amb vigilància i tractaments sistemàtics durant el període de vida lliure dels insectes en fase adulta. Es necessari un gran suport per part de les administracions públiques, associacions, viverites, etc., per tal de que puguin dur-se a terme estudis específics sobre el comportament de la plaga, la seva detecció i, finalment, el seu control.



Figura 1.18. exemplar de *Phoenix canariensis* a qui s'aplica un tractament d'endoteràpia. Font: elaboració pròpia



II. Justificació i objectius

El morrut de les palmeres, *Rhynchophorus ferrugineus*, està actualment considerat com la plaga més perjudicial per a les espècies vegetals pertanyents a la família de les Arecàcies, ja que la seva infestació produeix, de forma comuna, la seva mort. Des de la seva instal·lació l'any 1993 a la Península Ibèrica, són milers les palmeres que han mort degut a la plaga. La ràpida dispersió que s'ha produït de l'insecte així com la difícil detecció en els períodes primerencs de les infestacions fa que *R. ferrugineus* posi en perill ecosistemes naturals de palmeres així com hàbitats rurals i urbans amb un ús ornamental d'aquestes plantes. És doncs necessari desenvolupar estudis que permetin un millor coneixement del comportament d'aquest insecte i de noves metodologies pel seu control.

L'objectiu general, tal i com es presenta en la figura 2.1, és l'estudi de la distribució de *R. ferrugineus* al llarg de tot el territori català, des del seu inici fins l'actualitat, així com l'estudi al detall del que ha sigut fins ara la seva distribució al llarg del municipi de Sant Feliu de Guíxols.

Així mateix els objectius específics busquen, per una banda, la creació d'un inventari que permeti definir l'evolució dels últims anys d'aquesta espècie a Catalunya i detallar al màxim la situació actual tot fent referència les mesures de gestió aplicades. D'altra banda es pretén arribar a un model de distribució que pugui ser aplicat a zones exemptes d'infecció o bé amb una afectació lleu com és el cas del municipi de Matadepera i la Urbanització de Santa Maria de Llorell del municipi de Tossa de Mar (projecte final de carrera: estudi de la distribució i evolució de *Rhynchophorus ferrugineus* , Bloc II: Aplicació d'un model lineal generalitzat mixte a les localitats de Matadepera i Tossa de Mar) que permetin prendre decisions preventives o curatives per tal d'evitar la dispersió d'aquesta plaga.

Distribució de *Rhynchophorus ferrugineus*

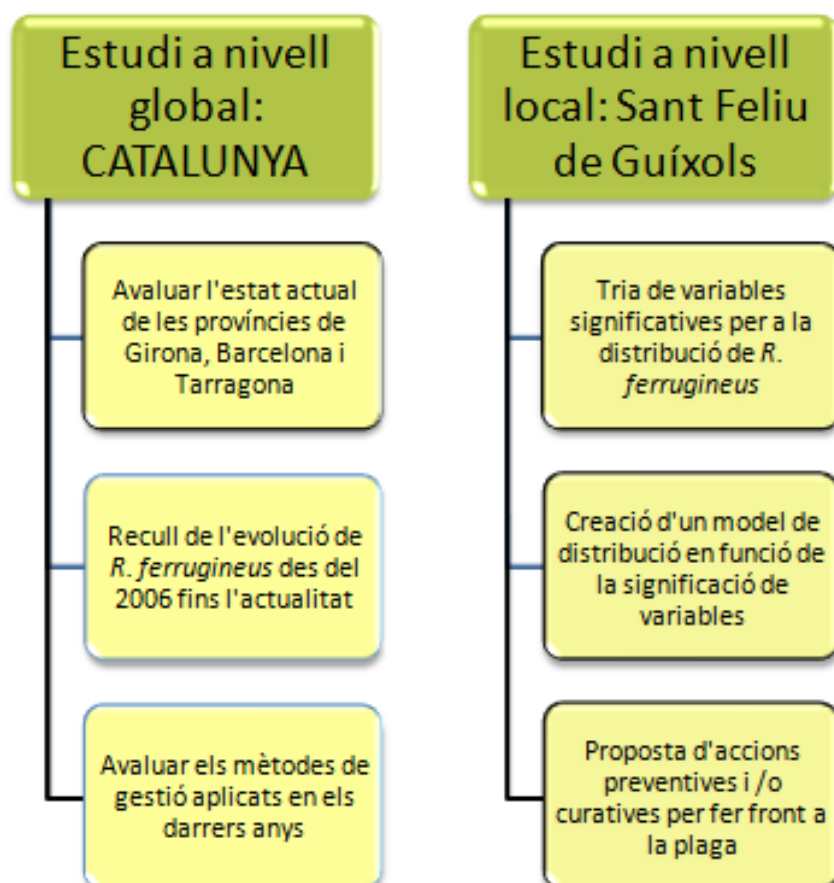


Figura 2.1 : Diagrama dels objectius generals i específics de la memòria. Font: Elaboració pròpia.



III. Metodologia

L'objectiu principal d'aquest bloc és descriure l'estructura i les fases que constitueixen la realització del present projecte així com les eines emprades.

L'estudi ha consistit en la valoració de l'actual plaga del morrut de les palmeres a Catalunya, tot sent estructurat en dues fases diferents – estudi a nivell global i estudi a nivell local- per tal de poder predir un model de dispersió d'aquest coleòpter.

Inicialment, s'ha realitzat una recerca bibliogràfica i documental, amb el fi d'obtenir la màxima informació possible, que posteriorment ha estat tractada. Alhora, s'han concertat entrevistes amb tècnics de medi ambient dels diferents ajuntaments, així com també s'han realitzat diverses entrevistes amb el tècnic del Departament d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural (DARP) que han subministrat informació tècnica necessària.

Per a l'estudi global s'ha fet ús d'aquelles dades proporcionades pel DARP i s'ha creat un inventari on consten tots els municipis afectats per la plaga de *R. ferrugineus*.

Per a l'estudi local es realitza un treball de camp al municipi de Sant Feliu de Guíxols per tal de poder caracteritzar i localitzar les palmeres afectades. La facilitat d'accés a les dades ha sigut la causa que ha determinat la elecció d'aquest municipi.

Com a material informàtic emprat, es fa ús principalment d'ofimàtica bàsica així com l'ús de IBM SPSS i R per a la realització de l'estadística, conjuntament amb programari GARMIN per a la georeferenciació i el mapatge.

A la figura 3.1 es presenta l'estructura de la metodologia aplicada tot descrivint les diverses fases que conformen l'estudi.

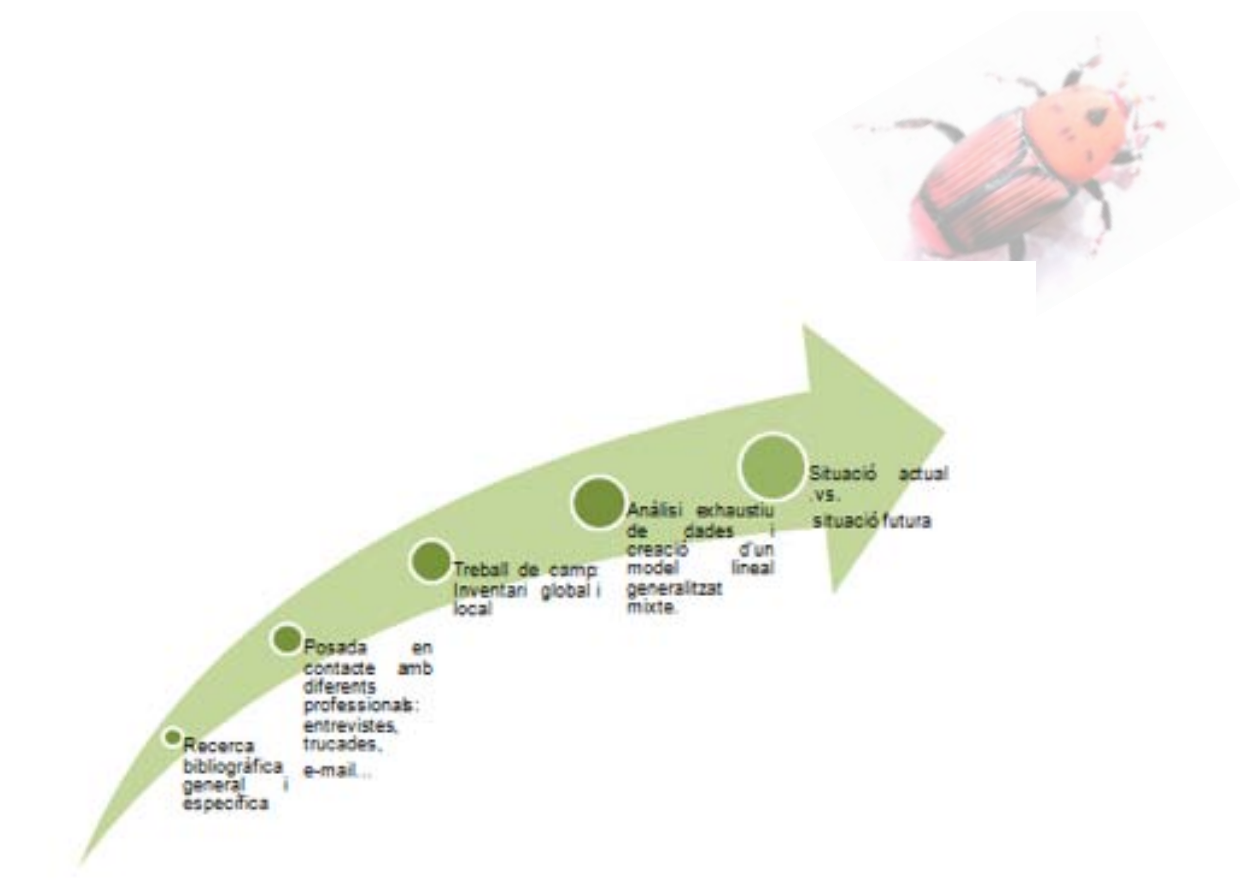


Figura 3.1. Diagrama de l'estructura metodològica emprada en la memòria. Font: Elaboració pròpia.

3.1. Estudi global de l'evolució de *R. ferrugineus* a Catalunya

Per a poder determinar la situació actual del grau d'amenaça que suposa aquesta plaga, s'ha realitzat un inventari mitjançant dades proporcionades pel DARP en el que es reflecteix any rere any el número de palmeres afectades per a cada municipi des del 2006 fins l'actualitat. Aquestes dades mostren la creixent infecció que estan patint quasi bé tots els exemplars de *P. canariensis* arreu del territori català.

Per a la realització de l'estudi global, s'han dut a terme successives entrevistes amb el tècnic responsable del DARP, el qual ha facilitat múltiples arxius amb dades recopilades des de l'entrada de la plaga a Catalunya. També s'han concertat entrevistes amb el Dr. Josep Maria Riba Flinch per tal de conèixer més a fons la plaga del morrut de les palmeres i recopilar informació detallada de la seva expansió.

Un cop recopilada aquesta informació, s'ha creat un inventari de tots aquells municipis afectats des de l'any 2006. Aquest permet veure l'expansió produïda en els darrers anys en períodes de sis mesos i el número d'exemplars afectats.

3.2. Estudi local de l'evolució de *R. ferrugineus* al municipi de Sant Feliu de Guíxols



Descripció de l'àrea d'estudi

Sant Feliu de Guíxols és un municipi costaner de la província de Girona situat a la comarca del Baix Empordà.

Consta d'una superfície de 16,2 km² i amb una altitud de 4 metres sobre el nivell del mar. La seva població és de 21814 habitants i es troba repartida en vuit entitats o districtes de població: Les Bateries, la Casa Nova, el Mas Trempat, Pedralta, Puntabrava, Sant Amanç, el Villar d'Aro i Sant Feliu de Guíxols, sent aquest últim el que presenta més densitat de població (IDESCAT 2011).

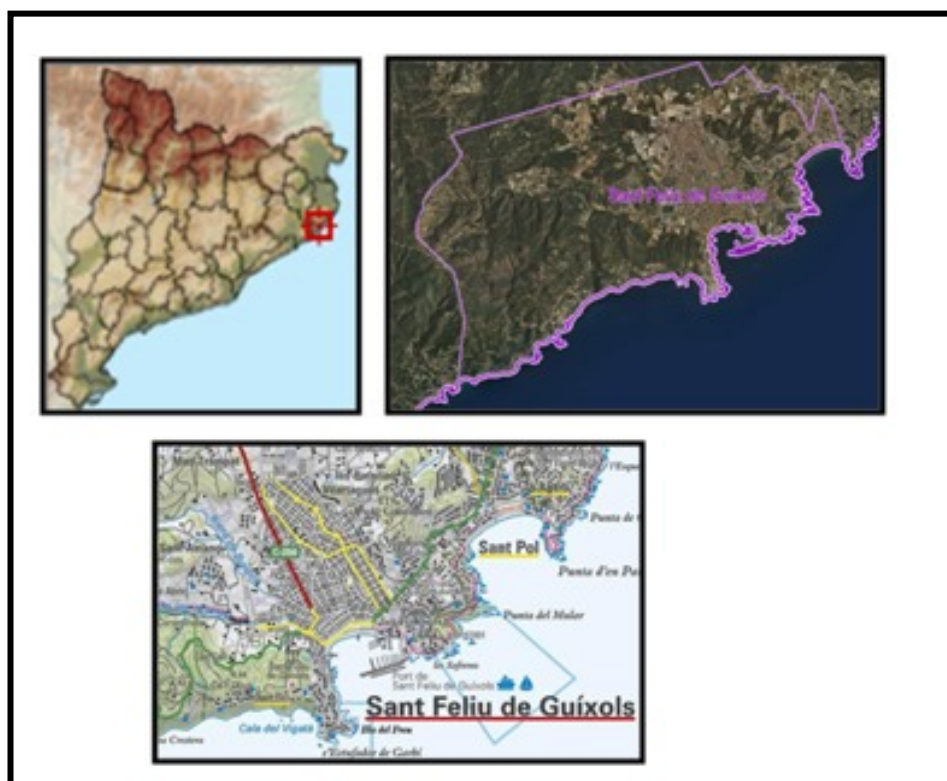


Figura 3.2.1. Situació del municipi de Sant Feliu de Guíxols. Font: Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC).

Metodologia emprada

En la present memòria s'ha elaborat un inventari de Sant Feliu de Guíxols mitjançant el cens de totes les palmeres del municipi. En primer lloc s'ha classificat cada individu amb el seu codi identificatiu alhora que s'ha fet ús de localitzador GPS per a poder



realitzar un mapatge mitjançant coordenades UTM i finalment s'ha realitzat un càlcul d'alçades així com de diàmetres .

Per a la realització dels càlculs estadístics s'ha fet ús de programari R, sistema per a l'anàlisi estadístic i gràfic creat per Ross Ihaka i Robert Gentleman (*Emmanuel Paradise, R para principiantes 2002*). Els càlculs estadístics han permès crear una relació entre variables i determinar la significança d'aquestes mitjançant diferents tests, com ara el test khi quadrat i el test t-Student. Per a la realització d'aquests, prèviament s'han seleccionat un conjunt de variables i s'ha procedit al seu càlcul (taula 3.2.1).

Taula 3.2.1. Llistat de variables calculades mitjançant programari R. Font: Elaboració pròpia

Distància	Codi
Distància mínima al afectat més proper	min_dist
Distància mínima als cinc afectats més propers	Dist_m_5 afectats
Distància mínima a la femella més propera	mDist_f
Distància mínima a les cinc femelles més properes	Dist_m_5f
Distància mínima al mascle més proper	mDist_mascle
Distància mínima als cinc mascles més propers	Dist_m_5m

Test khi quadrat:

Es busca comparar els resultats esperats amb els observats, mitjançant variables qualitatives, i així poder determinar si la distribució de *R. ferrugineus* depèn d'alguna variable o bé es distribueix a l'atzar.

Test t-Student

Permet fer un estudi quantitatiu a partir de les variables explicades anteriorment, per tal de determinar una mitjana entre els valors seleccionats.



- **Metodologia de càlcul de models lineals generalitzats mixtes**

Mitjançant programari R, s'ha procedit a la realització d'un model lineal generalitzat mixte, concretament de caràcter binomial. En primer lloc es consideren tots els factors i es defineixen com a fixes, excepte l'arbre de classificació, considerat com a factor aleatori. En segon lloc, s'obté un primer model que ens permet descartar variables sense significació alguna, com ara el diàmetre i algunes distàncies entre individus vegetals. Aquestes s'exclouen i es procedeix a realitzar un segon model que permeti seleccionar el conjunt de variables significatives per a l'estudi i així crear un arbre de classificació. Aquest permet determinar la possibilitat de que un exemplar de *P. canariensis* pugui ser infectat en funció de determinades variables amb prou significança.

- **Metodologia de classificació qualitativa**

Per tal de classificar els individus censats durant l'estudi local del municipi de Sant Feliu de Guíxols s'ha elaborat un codi identificatiu per tal de poder categoritzar els diferents individus tractats en funció del seu sexe i la seva afectació. La llegenda obtinguda es mostra a la taula 3.2. 2. . Aquesta valoració qualitativa no té en compte altres variables com són l'alçada o el diàmetre, i és d'ús exclusiu per a facilitar el treball de camp.

Taula 3. 2. 2. Llistat de codis per a la caracterització dels diferents exemplars de palmeres en funció del seu sexe i el seu estat d'afectació. Font: Elaboració pròpia.

Codi identificatiu	Característiques
	Individu mascle sa
	Individu femella sa
	Individu mascle afectat
	Individu femella afectat
	Individu mort