

Títol del treball: Calibratge d'un mètode d'estima de l'abundància de Cicadidae i fenologia d'emergència de Cicada orni a boscos cremats i no cremats.

Estudiant: Andreu Peiris Castañer

Grau en: Biologia

Correu electrònic: andreu.peiris@gmail.com

Tutor: Pere Pons Ferran

Cotutor*:

Empresa / institució: Universitat de Girona, Departament de Ciències Ambientals

Vistiplau tutor (i cotutor*):

Nom del tutor: Pere Pons Ferran

Nom del cotutor*:

Empresa / institució: Universitat de Girona, Departament de Ciències Ambientals

Correu(s) electrònic(s): pere.pons@udg.edu

*si hi ha un cotutor assignat

Data de dipòsit de la memòria a secretaria de coordinació:

**CALIBRATGE D'UN MÈTODE D'ESTIMA DE L'ABUNDÀNCIA DE CICADIDAE I
FENOLOGIA D'EMERGÈNCIA DE *CICADA ORNI* A BOSCOS CREMATS I NO CREMATS**

Abstract

English

Cicadidae or Cicadas, like the majority of insects, are mostly unknown for most people including their life history and ecology such as the nymph emergence. Moreover the effect of fire to these particular animals is also clearly unknown so far.

We studied a population of Cicadas based on the nymph emergence among burned (one and two years after the fire) an unburned Aleppo pine forests. We used replicated plots to collect nymph exuviae (the abandoned exoskeleton after the last moult) once a week across the whole emerging period (June to September). Nymphs collected were used to measure the abundance phenology of emerging nymphs, and the body size and sex ratio of cicadas. We used absolute density data from our plots to validate a new method of measuring relative abundance of emerging cicadas based on transects.

We found significant differences in the nymph phenology of cicadas between burned and unburned habitats, probably related to the vegetation cover and sunlight. Interestingly, we found an advancement of the nymph phenology in burned habitats that seems to be connected to the lack of vegetation cover on this area and the fast heating of the ground.

Despite these results, we didn't find differences in size and sex ratio between burned and unburned habitats, maybe related to the sample size that was available. Nevertheless, we should consider do a further investigation on the size and sex ratio of cicadas to get a trustworthy result about their variation among burned and unburned areas.

To conclude, we found that the abundance estimates using the new transect method was highly related to our absolute density measures found in plots.

This study has provided me a new knowledge on cicadas and the role that they have in their ecosystem. Moreover, this study shows the alteration that the fire represents for these animals. Furthermore, knowing these significant alterations to the emergence phenology could be useful to further studies to assess the consequences in the ecosystem.

Español

Las Cicadidae o Chicharras, como la mayoría de los insectos, son poco conocidas por la mayoría de la gente incluyendo su ciclo vital y ecología como por ejemplo la emergencia de las ninfas. Además, el efecto que tiene el fuego en esos animales en particular tampoco es conocido hasta ahora.

En este trabajo se estudió una población de chicharras basándonos en la emergencia de las ninfas entre hábitats quemados (1 i 2 años después del incendio) y no quemados de Pino de Alepo. Se usó parcelas replicadas para recolectar exúvias de las ninfas (el exoesqueleto abandonado después de la última muda) una vez a la semana durante todo el periodo de emergencia (de Junio a Septiembre). Las ninfas recolectadas fueron utilizadas para mesurar la abundancia de la fenología de la emergencia de las ninfas, el tamaño del cuerpo i proporción sexual de las chicharras. Se usaron datos de abundancia absoluta provenientes de nuestras parcelas para validar un nuevo método que mesuraba la abundancia relativa de la emergencia de las chicharras basado en transectos.

Encontramos diferencias significantes en la fenología de ninfas de chicharras entre habitas quemados y no quemados, probablemente relacionado con la cobertura vegetal i la radiación solar. Curiosamente,

encontramos un avance en la fenología de emergencia de las chicharras en las zonas quemadas que parece estar ligado a la falta cobertura vegetal que hay en estos hábitats y al rápido calentamiento del suelo.

A pesar de estos resultados, no encontramos diferencias en el tamaño y proporción sexual entre zonas quemadas y no quemadas, probablemente debido al tamaño muestral disponible. No obstante, deberíamos considerar hacer una investigación más a fondo con el tamaño i la proporción sexual de las chicharras para poder obtener resultados fiables y convincentes sobre la variación de éstos en zonas quemadas y no quemadas.

Para finalizar, encontramos que la abundancia estimada usando el nuevo método de transectos estaba muy relacionada con nuestro método de abundancia absoluta basado en parcelas.

Este estudio ha dado un nuevo conocimiento sobre las chicharras y el papel que éstas tienen en su dicho ecosistema. Además, muestra las alteraciones que pueden provocar los fuegos en estos animales y sus consecuencias. También, cabe decir que conocer estas alteraciones en la fenología podría ser útil para más estudios para evaluar las consecuencias en el ecosistema.

Català

Els Cicadidae o les cigales, com la majoria dels insectes, són poc coneguts per la majoria de la gent incloent-hi el seu cicle vital i la seva ecologia com per exemple l'emergència de les seves nimfes. A més a més, l'efecte que té el foc sobre aquests animals en particular tampoc és conegut fins ara.

En aquest treball es va estudiar una població de cigales basant-nos en l'emergència de les nimfes entre hàbitats cremats (1 i 2 anys després de l'incendi) i no cremats de Pi blanc. Es van utilitzar parcel·les replicades per poder recol·lectar les exúvies de les nimfes (l'exoesquelet abandonat després de l'última muda) un cop per setmana durant tot el període d'emergència (de Juny a Setembre). Les exúvies recol·lectades van ésser utilitzades per mesurar l'abundància de la fenologia d'emergència de les nimfes, la mida del cos i proporció sexual de les cigales. Es van utilitzar dades d'abundància absoluta provinents de les nostres parcel·les per validar un nou mètode que mesurava l'abundància relativa de l'emergència de cigales basat en transectes.

Es van trobar diferències significatives en la fenologia de les nimfes de cigala entre els hàbitats cremats i no cremats, probablement relacionat amb la cobertura vegetal i la radiació solar. Curiosament, es va trobar un avançament en la fenologia d'emergència de les cigales en les zones cremades que sembla estar lligat a la falta de cobertura vegetal que hi ha en aquests hàbitats y al ràpid escalfament del sòl.

Malgrat aquests resultats, no vam trobar diferències en la mida i proporció sexual entre zones cremades i no cremades, probablement degut a la mida mostral disponible. No obstant això, hauríem de considerar fer una investigació més a fons respecte la mida i proporció sexual de les cigales per poder obtenir resultats fiables i convinents sobre la variació d'aquests en zones cremades i no cremades.

Per acabar, es va trobar que l'abundància estimada utilitzant el nou mètode de transectes estava molt relacionat amb el nostre mètode d'abundància absoluta basat en parcel·les.

Aquest estudi ha donat un nou coneixement sobre les cigales y el paper que aquestes tenen en el seu respectiu ecosistema. A més, mostra les alteracions que poden provocar els focs en aquests animals i les seves conseqüències. També, cal dir que conèixer aquestes alteracions en la fenologia podria ser molt útil per poder fer més estudis per avaluar les conseqüències en l'ecosistema.

Introducció

Les cigales són un tipus d'insectes de l'ordre *Hemíptera* corresponents a la família *Cicadidae* i tenen un cicle de vida complet de temps variable (<http://cicadacat.wix.com/index>).

Aquests insectes es caracteritzen principalment perquè tenen 2 parells d'ales molt desenvolupades per volar amb gran agilitat i dos ulls compostos molt separats entre ells i situats a les puntes del cap. Tenen un aparell xuclador amb forma d'estilet que els hi serveix per alimentar-se de la saba dels arbres i plantes, i un abdomen molt desenvolupat que en el primer segment abdominal hi tenen un aparell estridulador (més desenvolupat en els mascles) que els hi permet fer els cants típics que es senten tant a l'estiu quan fa calor (Hou, Li, & Wei, 2014). És a dir, els mascles són els que produeixen els cants que són diferents entre les diferents espècies (Hertach & Nagel, 2013; Sanborn, Simões, Phillips, & Quartau, 2011).

D'altra banda, també cal dir que és a l'estiu quan se les sent cantar perquè això està relacionat amb el seu cicle vital i la temperatura mínima que necessiten per tal de poder fer vibrar l'aparell estridulador (Sanborn et al., 2011).

El seu cicle de vida és bastant curiós degut a que l'estadi larvari, és el que és més llarg i el que ocupa més temps a la vida de les cigales (Hou et al., 2014). La major part de la seva vida és subterrània (Hou et al., 2014) i fins i tot algunes poden estar 7 anys sota terra (<http://cicadacat.wix.com/index>). Quan emergeixen, fan la darrera muda de la seva vida i es desprenen de l'exosquelet, l'exúvia, que resta agafat a la vegetació (veure figura 1). Ja en fase adulta viuen unes dues setmanes, es reproduïxen i moren (<http://cicadacat.wix.com/index>). Normalment, la majoria de cigales, solen emergir durant la nit perquè d'aquesta manera, aconseguïxen evitar i reduir molt el nombre de depredadors que podrien aprofitar la seva emergència per depredar-les degut a que durant unes poques hores són totalment vulnerables a qualsevol atac (<http://cicadacat.wix.com/index>).

Cada any, aquestes nimfes de cigala (fase juvenil) emergeixen del terra (Smith, Kelly, & Finch, 2006) i acaben completant el seu cicle. Cal dir, que les femelles fecundades, trien un lloc idoni per poder dipositar els ous que preferentment serà un lloc amb incidència de la llum del sol (Kay, 2014).

A més a més, s'ha vist que aquesta família d'hemípters, resulta ser una font molt important com a presa i pot condicionar les xarxes tròfiques d'ecosistemes forestals (Smith et al., 2006). Això és així perquè són insectes de mida gran, sense toxines i limitats mecanismes de defensa. Majoritàriament són consumides per ocells i altres insectes com vespes, llagostes, mantis, formigues o fins i tot aranyes (<http://cicadacat.wix.com/index>).

Aquest treball, s'ha centrat en algunes de les espècies més abundants de cigales presents a Catalunya i a Europa (*Cicada orni*, *Tettigetta argentata* i *Lyristes plebejus*) però especialment en *Cicada orni* ja que aquesta espècie és la més abundant a la nostra zona d'estudi. A més, aquesta també ho és a tot Europa (Hertach & Nagel, 2013). Les cigales poden viure en tot tipus de boscs de pi i alzinars, arbusts i fins i tot en prats secs (Hertach & Nagel, 2013). Les zones on s'ha fet el mostreig han correspost sempre a pinedes, tant en zones cremades com en zones no cremades als vorals de pistes forestals.

Com que les exúvies de cigala queden durant molt de temps a la zona d'emergència fins que són degradades, una manera eficient de fer un mostreig de l'emergència d'aquestes és recol·lectar les exúvies.

D'aquesta manera, es poden obtenir exúvies de cigala (equivaldria a obtenir un bon indicador de les nimfes acabades d'emergir) sense crear cap dany, pertorbació o efecte sobre l'espècie en si. A més, és molt més fàcil que capturar individus vius.

Per tant, el que s'ha volgut plantejar en aquest treball primerament és veure i comparar si un mètode d'abundància relativa (a partir de transsectes) d'exúvies de cigala és una bona eina o no amb comparació a un mètode de d'abundància absoluta (a partir de parcel·les). És a dir, a partir de la quantificació de l'emergència absoluta de cigales, calibrar un mètode relatiu de quantificació. D'aquesta manera, es pot veure la fiabilitat del mètode del transsecte i si és fiable es podria aplicar perquè seria molt eficaç.

En segon lloc, s'ha volgut veure si hi ha diferències en quant a la fenologia d'emergència de les cigales entre zones cremades (fa 1 any i 2 anys) i zones no cremades ja que els incendis són una pertorbació molt comuna en els boscos i moltes vegades no es sap de quina manera afecta a moltes espècies. A més, es sap que un cop hi ha hagut un incendi, com que les cigales en estat larvari estan a sota terra, aquestes queden aïllades i poden sobreviure perfectament a un incendi (Smith et al., 2006) alimentant-se de la saba de les arrels dels arbres i arbusts que no s'han mort.

A més a més, s'ha volgut fer un estudi per sexar les exúvies de cigala recollides en les diferents zones i comprovar si també hi ha diferències en quant a mida i morfologia d'aquestes perquè això és un indicador de falta d'aliment o mala alimentació degut a alguna pertorbació.



Figura 1 – D'esquerre a dreta: Exúvia de *Ciada Orni*, *Cicada orni*, *Tettigetlna argentata* i *Lyristes plebejus*.

Font: <http://cicadocat.wix.com/index>

Aims of the study

- To calibrate and validate a relative abundance method to measure emergence density of Cicadidae.
- To assess possible differences in the emergence phenology of Cicadidae between burned and unburned forests (treatments).
- To evaluate the differences in the abundance and sex ratio of Cicadidae between both treatments.

Metodologia (àrea d'estudi i mètodes)

- Àrea d'estudi:

L'àrea en la qual es va fer l'estudi correspon a dues zones de Catalunya que van patir incendis. Concretament, es va fer l'estudi a Colomers (la Bisbal) on hi va haver un incendi forestal al 2013, és a dir un incendi de fa un any. I també es va estudiar la zona de la Jonquera que correspondria a la zona on hi va haver l'altre incendi forestal al 2012 (Terrades).

Cal dir també que degut a que Terrades és un incendi de ja fa dos anys, la zona cremada presenta una vegetació més desenvolupada que Colomers.

Aquestes dues zones és caracteritzen principalment perquè són dues zones sobre dipòsits calcaris que no presenten molta irregularitat i desnivell en alçada. A més, les dues presenten zones de bosc completament cremades i zones sense cremar que permetran poder situar-hi estacions control per a l'estudi.

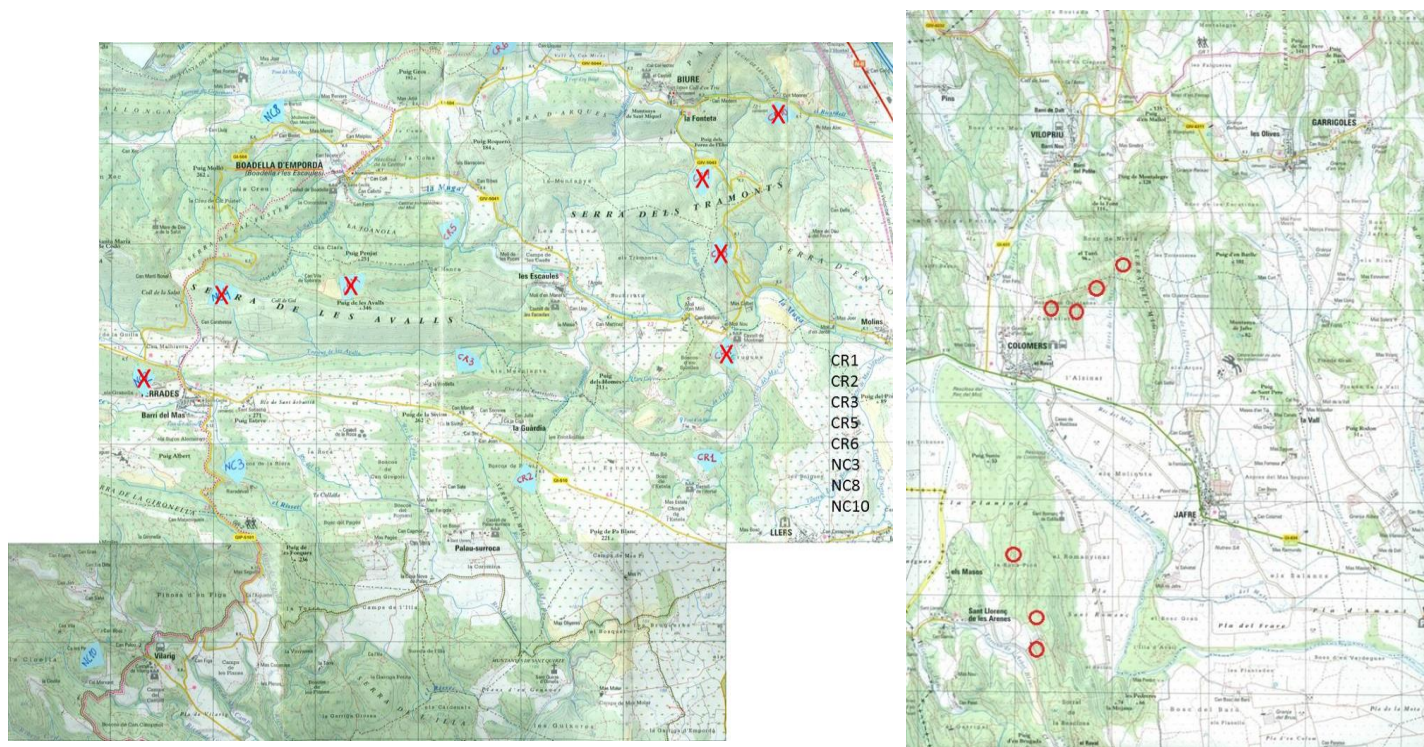


Figura 2 – Mapes corresponents a les dues zones d'estudi de Terrades (a l'esquerre) i Colomers (a la dreta) amb la situació dels transectes.

Terrades

La zona de Terrades, està situada just a la franja més Nord Est de Catalunya. Aquesta zona anomenada així al nostre estudi, correspon a una part de l'Alt Empordà Anomenada Garrotxa d'Empordà.

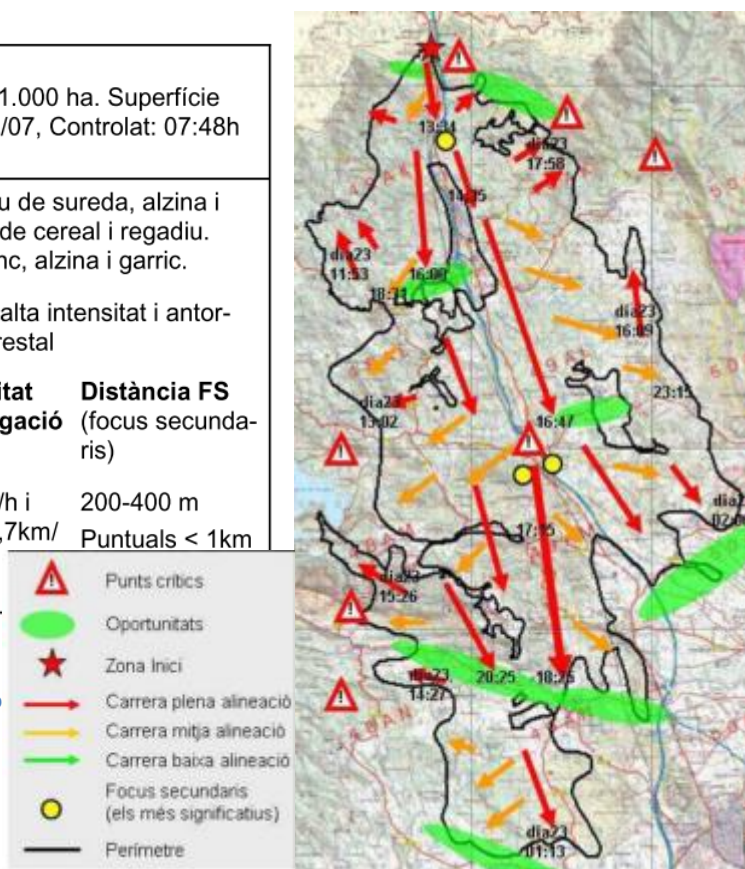
Incendi:

L'incendi, va tenir lloc al juliol del 2012 (22/07/2012). Primerament, cal dir que aquest incendi, correspon a un incendi de 5a generació amb superfície d'alta intensitat i salts de foc, que va afectar a zones tant urbanes com rurals i forestals (Bombers, 2013).

Es va originar en la part més Nord al Pertús i va anar avançant en direcció sud afavorit per els vents provinents del Nord tot seguint i afectant les dos vessants de l'estret de l'Albera-les Salines fins a arribar a la seva extensió final. A més a més d'anar avançant, durant l'incendi va afegir-s'hi la marinada (vents provinents del mar) que va fer que l'incendi tingués una major afectació cap a l'oest de l'estret. Aquest incendi, va tenir un abast total d'uns 185 km de perímetre i unes 12898ha cremades (Bombers, 2013).

Dades generals: Incendi de 5ena generació. 185 km de perímetre. Superfície cremada a la primera hora: > 1.000 ha. Superfície Agents Rurals 13.088ha. Avis:12:54h, Fase Control: 20:30h 24/07, Controlat: 07:48h 27/07 i Extingit: 07:56h 30/07. Dues víctimes mortals (civils).				
Incendis de disseny: V2: Vent de N amb relleu T1: Topogràfic estàndard	VEGETACIÓ: Arbrat dens i continu de sureda, alzina i pinedes, claps de garriga i camps de cereal i regadiu. Espècies principals: Suro, pi blanc, alzina i garric.			
	INTENSITAT: Foc de superfície d'alta intensitat i antorxeijos en interfase urbano-rural-forestal			
Situació sinòptica: Fi d'episodi de vent de Nord	Estrat de propagació	Longitud flama	Velocitat propagació	Distància FS (focus secundaris)
Potencials: Flanc esquerre 13.800 ha Flanc dret 18.400 ha	Superfície alta intensitat i antorxeijos	Cap: 15-20m, flancs: 2-6m	1,8km/h i màx 7,7km/h	200-400 m Puntuals < 1km

Figura 3 – Característiques principals de l'incendi de la Jonquera (Terrades) i mapa de la zona amb abast i avançament de l'incendi. Extret de informes d'incendis forestals publicats a la revista Forestalillo núm 155.



Colomers

La zona de Colomers, està situada a la part Nord Est de Catalunya. Aquesta zona anomenada així a l'estudi, correspon al municipi del Baix Empordà i les zones properes afectades per l'incendi com per exemple Vilopriu.

Incendi:

Aquest incendi, va tenir lloc al Novembre del 2013 (11/11/2013). Aquest foc, va ser un foc passiu de capçades, amb una alta intensitat als flancs i cues però una baixa intensitat en superfície (Bombers, 2014).

Es va originar per sobre de Vilopriu i aquest va començar a avançar sempre en direcció sud impulsat per el forts vents del Nord i tramuntana. Això va generar que el foc anés avançant de Nord a Sud generant diferents carreres arribant a Colomers i seguint cap al sud fins arribar a la seva extensió final. Aquest incendi va cremar en total unes 953ha (Bombers, 2014).

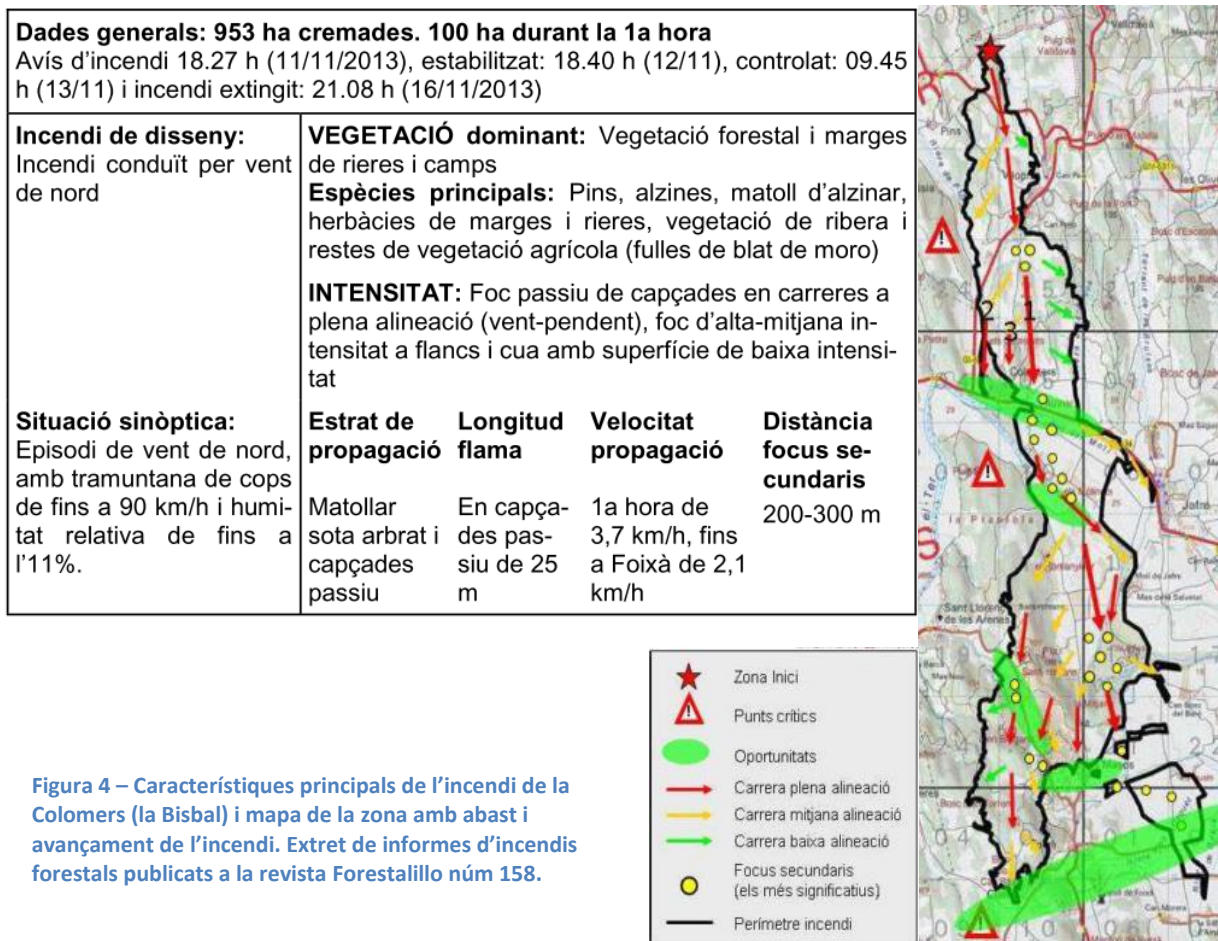


Figura 4 – Característiques principals de l'incendi de la Colomers (la Bisbal) i mapa de la zona amb abast i avançament de l'incendi. Extret de informes d'incendis forestals publicats a la revista Forestalillo núm 158.

- Disseny de mostreig:

Pel que fa al disseny de mostreig, es va intentar estandarditzar totes les variables possibles perquè l'estudi fos fiable i minimitzar les fonts d'error.

En total es van seleccionar 15 transectes d'un total de 30 que estan essent prospectats pels professors P. Pons i J.M. Bas en un estudi sobre efectes del foc i la tala en *Cicada orni*. Els transectes seleccionats corresponien a aquells de fàcil accés (ja que s'han de prospectar tots en un dia) i, si havien estat mostrejats anteriorment, que presentessin una mínima abundància d'exúvies, per permetre l'estudi. Prop de cada transecte es van situar 4 parcel·les (dues a l'inici i dues al final). Aquests transectes, 5 corresponien a incendi de 1r any o Colomers, 5 a incendi de 2n any o Terrades i es va decidir sumar els transectes control (3 a Terrades i 2 a Colomers) per tenir una mateixa mida mostral suposant que al no haver patit incendis serien iguals. Per tant la mida mostral va ser de 5 en cada tractament (N=5 transectes i 20 parcel·les).

1. **Aspectes espacials:** La disposició dels transectes, es va decidir fer-la just al costat dels camins forestals pel simple fet de que així es podia mostrejar en línia recta i de manera més fàcil que en bosc endins no es podria fer. D'aquesta manera, es va facilitar l'esforç de mostreig i la possibilitat de poder mostrejar tenint de referència el camí del costat. Cal dir, que es va fer així perquè es sap que les femelles ponen a la vegetació herbàcia i arbustiva i no defugen les vores dels camins (Boulard M., Mondon B., 1995).

Pel que fa a la distància i distribució dels transectes dels diferents tractaments, es va procurar que la distància entre transectes fos més o menys similar entre ells (1 quilòmetre de distància a Terrades i 400 m a Colomers) però suficientment lluny perquè aquests no es solapessin entre transectes. Cal tenir en compte que l'emergència de cigales segueix un patró agregatiu fent que l'emergència d'aquestes sigui irregular en l'espai (Kay, 2014).

Es van disposar tant a Colomers com a Terrades transectes control (és a dir en zones no cremades de vegetació equivalent a la de la zona incendiada abans del foc) per tal de poder comparar els tractaments (control no cremat, cremat d'un any i cremat de dos anys).

2. **Aspectes ambientals:** Com ja hem dit anteriorment, les cigales solen habitar en zones boscoses però no exclusivament. A més *C. orni* i *T. argentata* tenen preferència per boscos mediterranis típics com boscos esclerofil·les d'alzines i boscos de pi (Hertach & Nagel, 2013).

Per aquest motiu, l'estudi s'ha basat en zones de boscos de pi blanc (*Pinus halepensis*). Pel que fa a la vegetació de sotabosc, en les dues zones hi havia una gran varietat d'arbusts com per exemple llistó, fenàs, garric en les zones més seques, roldó...

A més, cal diferenciar la zona de Colomers de la zona de Terrades perquè la cobertura vegetal era molt més densa i cobria molt més en la zona de Terrades perquè ja feia dos anys que havia passat l'incendi i les plantes havien tingut temps de tornar a rebrotar i créixer. En canvi la zona de Colomers, com que de l'incendi només havia passat un any, la cobertura vegetal de la zona era o escassa o pràcticament nul·la amb presència només d'algunes herbàcies. Cal destacar també que els transectes control de les dues zones, presentaven la mateixa cobertura vegetal i eren similars en quant a tots els aspectes.

- 3. Aspectes temporals:** Aquest estudi lògicament es va fer durant l'estiu perquè és la única època de l'any on les cigales adultes estan actives i els mascles poden cantar (Hou et al., 2014).

Concretament, pel que fa a les parcel·les (mètode d'abundància absolut) es va procurar començar l'estudi unes setmanes abans de que comencessin a emergir les primeres nimfes de cigala de sota terra i finalitzar-lo un cop es va obtenir un zero d'abundància d'emergència de cigales durant dues setmanes consecutives. D'aquesta manera, es va assegurar que no es passés per alt cap període d'emergència i es feia tot en un dia, el mateix cada setmana per mantenir una freqüència de mostreig inalterada.

Pel que fa els transectes (mètode d'abundància relativa) es va fer una única recol·lecció al llarg de l'estiu degut a que es tracta d'un mètode d'estimació del nombre relatiu de cigales.

- Mètodes de camp:

Els dos principals mètodes de camp que es van utilitzar en aquest treball per mostrejar van ser un mètode basat en la utilització de transectes i un mètode basat en el recompte al llarg del temps de l'abundància absoluta d'exúvies de cigala en parcel·les. Aquest mètode és molt semblant a un mètode de trampeig utilitzat per micro-mamífers (Tellería, 1986) i semblant a altres mostreigs utilitzats en *Cicadidae* (Kay, 2014).

- 1. Mètode de transectes (Abundància relativa):** Primerament cal dir que l'estudi es va fer en dues zones de pinedes principals, incendi de 1r any i incendi de segon any per veure també les diferències entre les zones cremades. Aquestes zones corresponien a la zona de Colomers a la Bisbal (zona incendiada de 1r any) i la zona de Terrades i els seus voltants de l'Alt Empordà (zona incendiada de 2n any). En aquestes zones es van establir diferents transectes corresponents a zones cremades i zones no cremades (control) en zones de marge de caminets (7 a colomers i 8 a Terrades).

Cada transecte era un camí de 100 m de llargària en la qual a cada costat amb una

amplada d'un metre es seguia el camí prospectant dues àrees de 100 m². Amb aquests transectes, el que es va fer és mostrejar només un sol cop a mitjans d'estiu fent el mateix esforç de mostreig tot buscant exúvies de cigala.

Aquest mètode basat en el mostreig de transectes posteriorment ens servirà per poder-ho comparar amb l'abundància absoluta d'exúvies de cigala obtinguda a partir de les parcel·les i poder calibrar i veure si aquest mètode és representatiu i fiable per utilitzar. D'aquesta manera, si fos bo, ens podríem estalviar molta feina de camp amb la mateixa fiabilitat.

2. **Mètode de parcel·les (Abundància absoluta):** Un cop situats tots els transectes, en aquests mateixos s'hi van disposar les parcel·les (veure figura 6), 4 a cada transecte situades dues a l'inici i dues al final. Concretament, a cada inici i final s'hi van disposar dues parcel·les amb corda a cada costat del camí (2x2m a la zona no cremada i 3x3m a la zona cremada ja que amb el mateix esforç de mostreig, es podia mostrejar més àrea degut a la manca de vegetació).

En aquestes parcel·les (4 a cada transecte, anomenades I1, I2, F1 i F2 d'inici i final) és on setmanalment s'anaven mostrant, buscant entre la vegetació i el terra exúvies per tal d'assegurar-se que no en quedessin al final de cada mostreig. Aquest, durava un temps estàndard de 4 minuts de mostreig per parcel·la. Cada transecte era mostrat un cop per setmana i s'anotava el nombre d'exúvies i l'espècie corresponent. En cas que a la zona no es podés fer les parcel·les a l'inici i o el final del camí (això va succeir en 3 casos a Terrades per presència de conreus molt a prop dels transectes), llavors es feien totes 4 en a l'inici o final del camí amb una distància de 10m entre parella i parella (veure figura 5).

Aquest mètode de parcel·les es va fer durant tot l'estiu mostrant-les un cop per setmana (cada dijous). Això va servir primerament per calibrar el mètode d'abundància relativa, i segonament, per observar la fenologia d'emergència de cigales al llarg del temps entre diferents tractaments (1r any, 2n any i control).

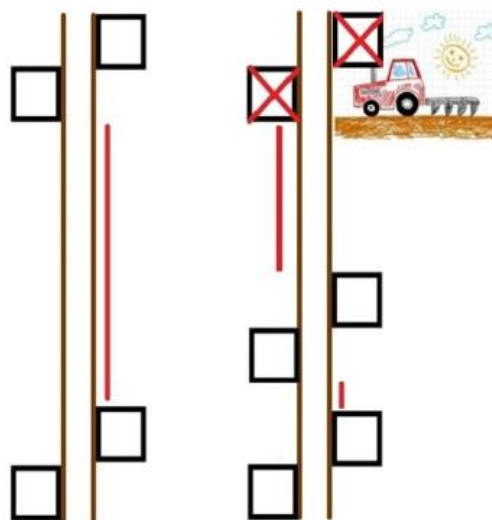


Figura 5 – Mètodes de camp utilitzat on es pot veure el disseny de transectes amb les seves corresponents parcel·les.



Figura 6 – Imatges corresponent a les parcel·les annexes a cada transecte. Concretament corresponen a un transecte de la zona de Terrades on la vegetació ja era més gran (incendi de fa 2 anys).

Font: Fotos fetes per Gemma Banchs Burgues (companya de l'estudi durant les pràctiques en empresa al grup de recerca).

- Treball de laboratori:

Un cop recollides totes les mostres (exúvies de cigala) a partir dels mètodes de camp, llavors es van estudiar aquestes exúvies al laboratori per obtenir més dades de rellevància com ara la proporció de sexes i la seva mida segons el tractament. Cal dir que les úniques exúvies analitzades al laboratori van correspondre al mètode d'abundància absoluta i no al d'abundància relativa.

1. **Sexar:** En el laboratori, un cop es tenien totes les exúvies catalogades i ben etiquetades (segons a quin transecte i tractament corresponien), es va utilitzar un mètode per sexar-les. Aquest és un mètode molt simple que es basa en observar la forma en que acaba l'abdomen de les exúvies per observar la genitalia (Hou et al., 2014). Les exúvies, si presentaven una part final de l'abdomen amb una punta arrodonida aquests eren mascles. En canvi, si la part final de l'abdomen es veia l'ovopositor (genitalia de les femelles que té forma triangular formada per dues peces), llavors es considerava que l'exúvia era d'una femella.

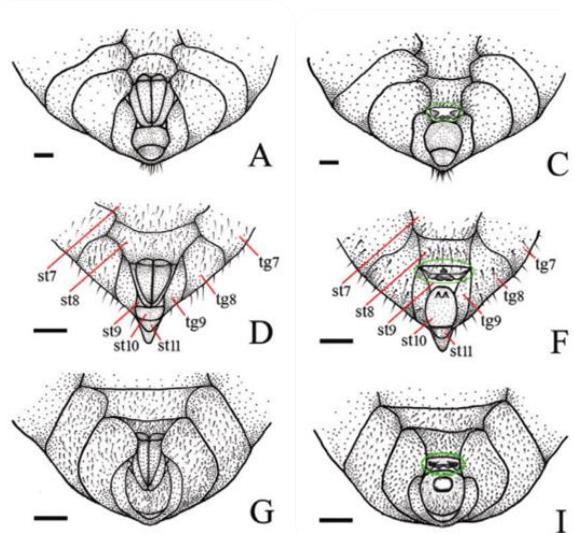


Figura 7 – Es pot veure el sexe de les cigales A,D i G femelles i C,F i I mascles. Font: (Hou et al., 2014)

2. **Mesurar:** Per mesurar les exúvies de cigala es va fer un mètode diferent d'utilitzar el típic peu de rei perquè al fer-ho d'aquesta manera, com que les exúvies no són rígides aquestes tendien a xafar-se i l'error obtingut en la mesura era bastant gran. Per tant es va utilitzar un analitzador d'imatges (veure figura 8). Amb aquest aparell es van fotografiar totes les exúvies (veure figura 9). Un cop fotografiades, es van mesurar amb un mètode en el qual es mesurava l'exúvia des de la part més anterior del pronot fins a l'abdomen (Hou et al., 2014; Lee, Oh, & Jang, 2012) i lògicament totes les exúvies que eren irregulars o impossibles de mesurar van ésser descartades igual que en el mètode de sexar si aquestes no es podien sexar (danyades o els hi faltava una part de l'abdomen).

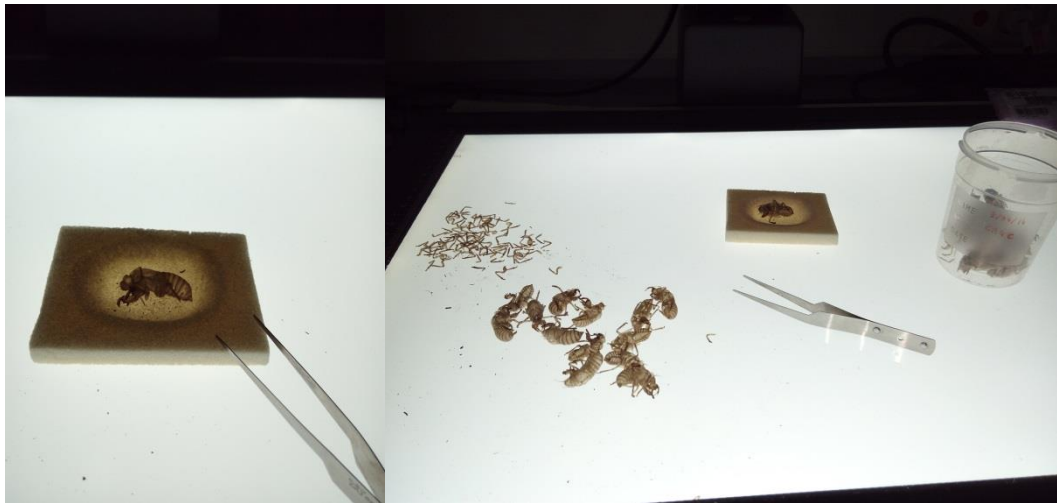


Figura 8 – Exúvies de cigala disposades a sobre l'analitzador d'imatges per poder fer les fotografies. Font: pròpia



Figura 9 – Fotos fetes per l'analitzador d'imatge d'exúvies de *C. orni* (esquerre – femella, dreta – mascle). Font: pròpia

- Exploració de dades i anàlisis:

Els apartats de l'anàlisi de dades realitzat corresponen a : la comprovació de la fiabilitat i calibratge d'un mètode d'abundància relativa d'emergència de fenologia de cigales, la fenologia d'emergència de les cigales (amb els seus diferents tractaments) i les mesures (dimensions) i proporció de sexes. Cal dir que no tots els anàlisis es van poder fer amb totes les espècies de cigala aparegudes a l'estudi (*C.orni*, *T.argentata* i *L.plebejus*) ja que només l'abundància de *C.orni* va ser prou gran com per poder obtenir alguns resultats.

També, cal dir que les dades utilitzades s'han tractat amb el programa R-comander. A més, sempre s'ha intentat complir tots els supòsits estadístics de partida per tal de que els resultats corresponents a les dades fossin robustos i fiables i no estiguessin sotmesos a altres factors. Concretament, les dades utilitzades s'han comprovat els supòsits estadístics que haurien de complir com per exemple la normalitat per evitar problemes estadístics comuns (Zuur, Ieno, & Elphick, 2010).

1. **Mètode de calibratge (fiabilitat d'un mètode d'abundància relativa):** Es van utilitzar rectes de regressió a partir de la variable explicativa (abundància absoluta) i l'explicada (abundància relativa) per visualitzar la relació entre els dos mètodes i poder corroborar i avaluar la seva eficàcia. Es va comparar la fiabilitat del mètode fins al moment quan es va fer la recollida de mostres d'abundància relativa (31/07/2014) i fins al final de l'estiu un cop acabada la temporada d'emergència de les cigales (11/09/2014) ja que el mètode d'abundància absoluta lògicament com s'ha dit anteriorment es correspondria a tota la temporada (tot l'estiu).
2. **Fenologia d'emergència de les cigales:** Per veure el desplaçament temporal i les diferències entre diferents tractaments en la fenologia de *C.orni*, es va decidir fer figures visuals i diversos gràfics per poder veure diferències temporals en quant a sortida d'emergència d'aquestes ja que el seu cicle està molt lligat a la incidència solar (Sanborn et al., 2011).
3. **Mesures i proporció sexual:** Pel que fa a aquests resultats, es va comprovar si hi havia diferències significatives entre tractaments a nivell de mida i proporció sexual a les cigales, a partir de la utilització d'una Anova bifactorial (factor mida i factor sexe).

Per altre banda, també es va comprovar si hi havia diferències significatives pel que fa a les abundàncies absolutes de *C.orni* a partir d'una Anova unifactorial (factor abundància) segons el tractament corresponent (control, cremat de 1r any o de 2n any).

Resultats

1. Calibratge:

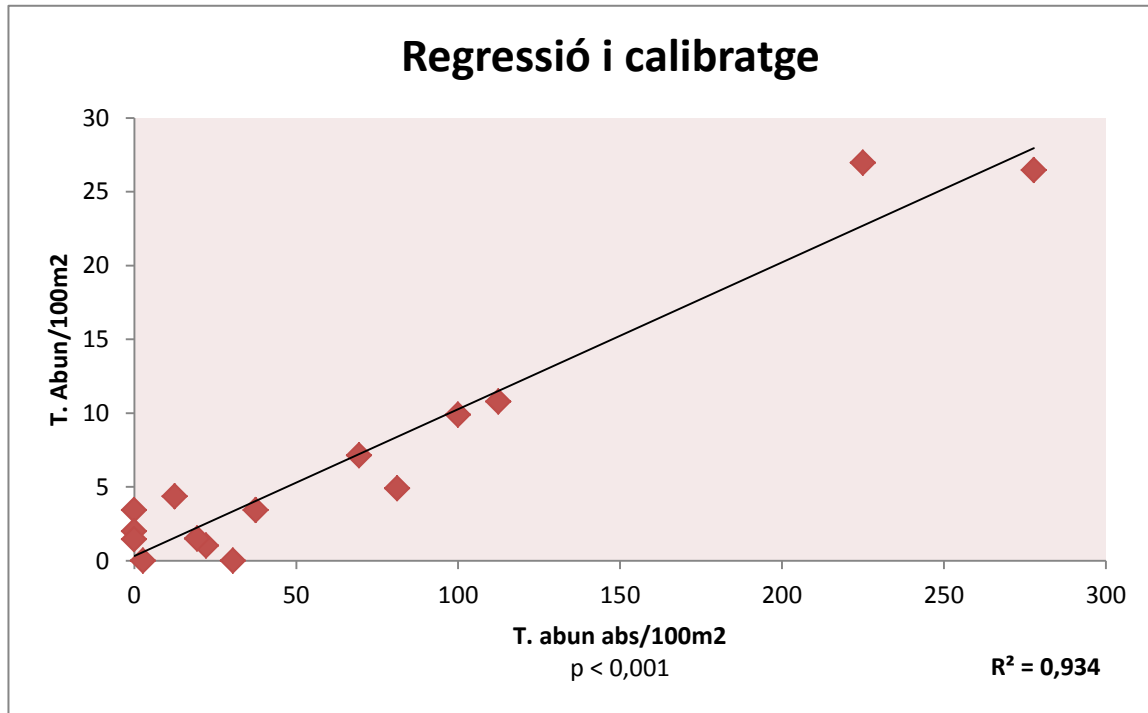


Figura 10 – Recta de regressió corresponent al calibratge del mètode d'abundàncies fins al 31/07/2014 en abundància absoluta (nº individus) en 100m² i el seu estadístic corresponent (p-valor).

Pel que fa als resultats de calibratge, en el gràfic s'aprecia una regressió bastant bona i estadísticament significativa ($p < 0,001$ figura 10) i que hi ha linealitat entre el mètode d'abundància relativa (eix y) a partir d'un mètode d'abundància absoluta (eix x).

Per tant, es pot dir que hi ha regressió amb les dades absolutes d'abundància fins al 31/07/2014 amb un coeficient de regressió de 0,93.

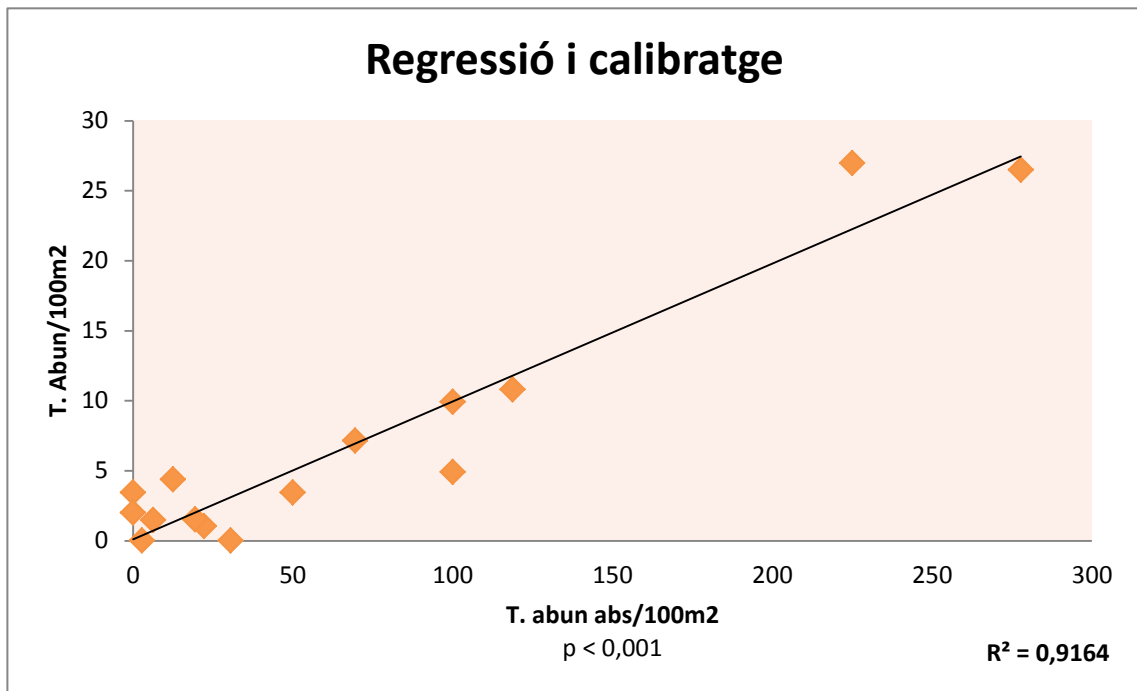


Figura 11 – Recta de regressió corresponent al calibratge del mètode d'abundàncies fins al 11/09/2014 en abundància absoluta (nº individus) en 100m² i el seu estadístic corresponent (p-valor).

Pel que fa als resultats del calibratge al llarg de tot l'estudi (figura11), es pot veure com també hi ha regressió lineal. És a dir que hi ha una tendència a la linealitat entre les dues variables igual que la figura anterior.

A més també cal dir que també queda corroborat perquè el p-valor de l'estadístic és significativament molt inferior al nivell de significació demostrant que és un resultat molt robust amb un coeficient de regressió de 0,92.

Per tant, podem dir que en el mètode de calibratge utilitzat s'ha obtingut una regressió robusta entre l'abundància absoluta i relativa fins el 31/07/2014 (el dia que es va utilitzar el mètode de transectes), i també fins al final de l'estudi (11/09/2014).

2. Fenologia d'emergència de les cigales i Abundància:

- Fenologia

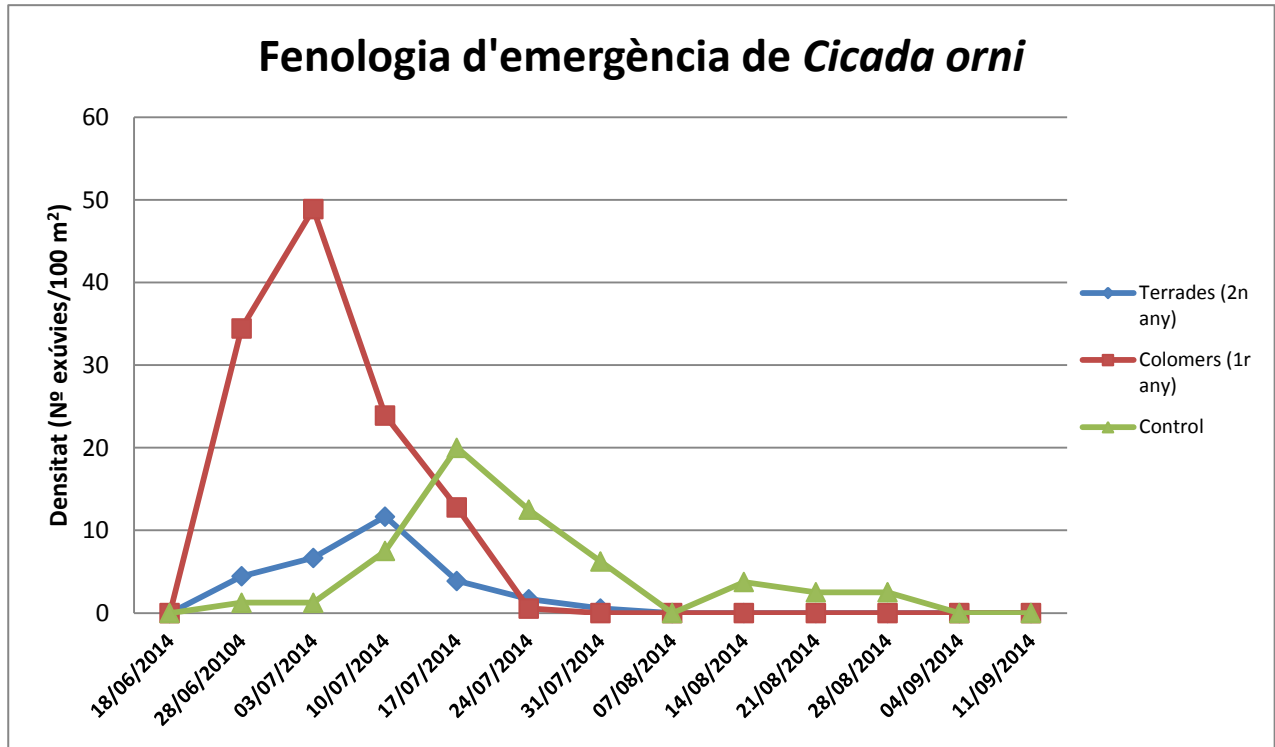


Figura 12 – Emergència de les cigales al llarg del temps en diferents tractaments en densitat (Nº individus/100 m²). Zona cremada de 1r any (Colomers), zona cremada de 2n any (Terrades), i zona no cremada (Control en els dos llocs). N = 60 (20 parcel·les/tractament).

Pel que es pot veure en els resultats obtinguts d'emergència de les cigales durant tot l'estiu (figura 12), podem dir que hi ha 3 pics d'abundància desplaçats en el temps. Es pot veure com el primer pic on la sortida de cigales és més aviat correspon a la zona de Colomers (1r any) havent-hi també una densitat molt alta de cigales vers a les altres zones (03/07/2014).

Seguidament, es pot veure com a la zona de Terrades hi ha el màxim de densitat d'emergència una setmana posterior a Colomers i amb més baixes densitats (10/07/2014). Finalment, podem veure com l'emergència de cigales a la zona no cremada (control) és la que és més posterior corresponent a una setmana posterior a la zona de Terrades i amb més densitat que aquesta (17/07/2014).

Per tant, podem dir que a simple vista es pot veure com entre zones hi ha un desplaçament temporal (d'una setmana) en l'emergència de les cigales de sota terra durant l'estiu.

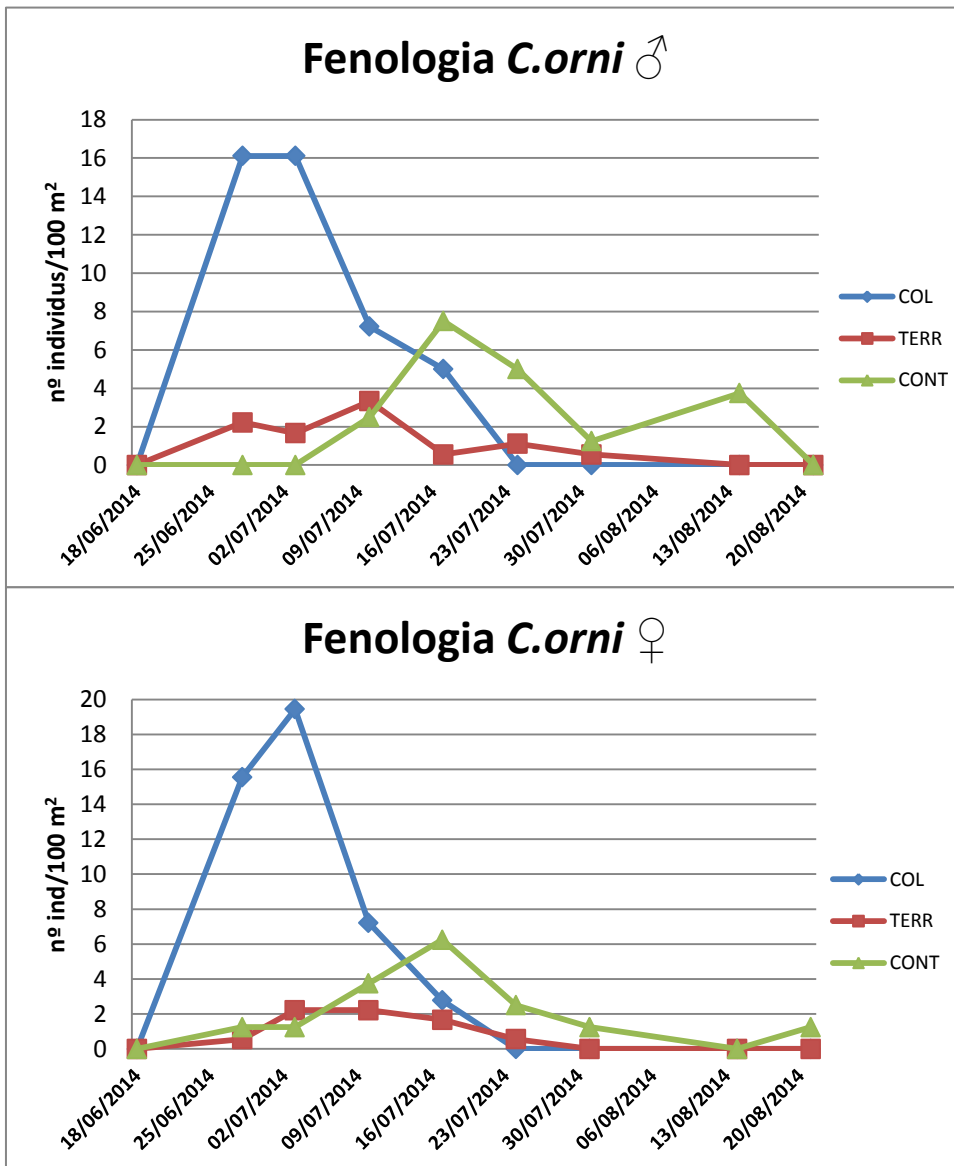


Figura 13 – Emergència de les cigales al llarg del temps en diferents tractaments en densitat (Nº individus/100 m²). Zona cremada de 1r any (Colomers), zona cremada de 2n any (Terrades), i zona no cremada (Control en els dos llocs). N = 60 (20 parcel·les/tractament).

Primerament cal dir que les dades utilitzades en aquests resultats només corresponen a *C.orni* degut a que com s’ha dit anteriorment les altres espècies de cigala el número era quasi nul com per poder fer un estudi exhaustiu o treure’n resultats. A més, també cal dir que el nombre d’individus també s’ha reduït perquè no totes les exúvies es van poder sexar degut al mal estat d’algunes.

Pel que fa als resultats obtinguts separats a partir del sexe (figura 13), podem veure que els dos sexes en totes les diferents zones segueixen el mateix patró temporal.

És a dir, que principalment el que s’ha vist és que no hi ha diferències temporals apreciables entre mascles i femelles i que quan emergeixen unes amb el màxim pic d’emergència, també emergeixen les del sexe oposat.

També, podem observar com la màxima densitat continua essent a la zona de Colomers i llavors la zona No cremada (control) seguit de la zona de Terrades com hem vist en la figura 12.

3. Mesures i proporció sexual:

- Mesures:

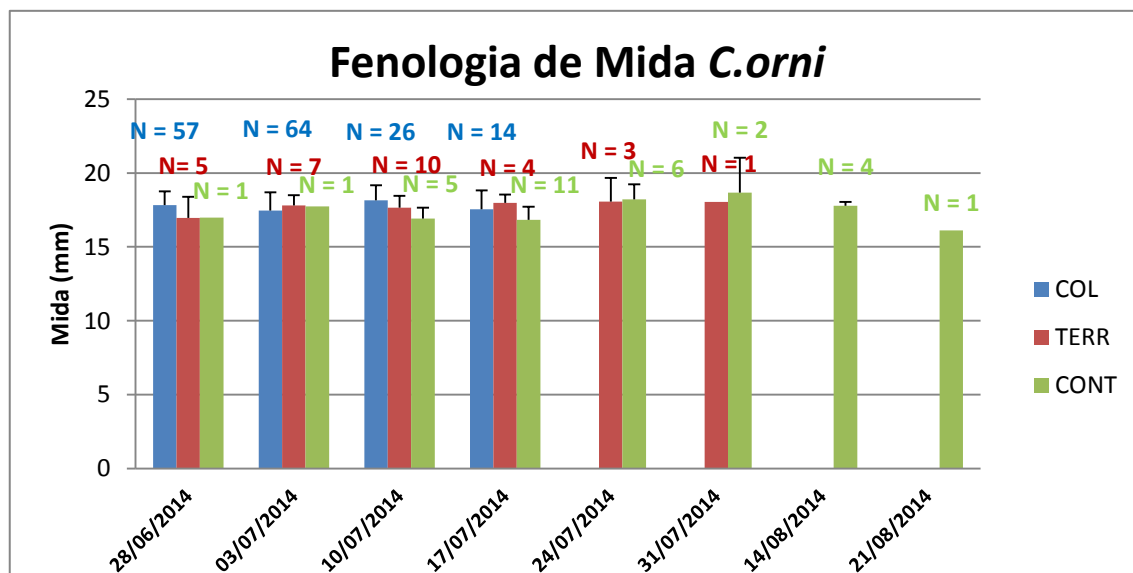


Figura 14 – Mides de *C.orni* al llarg del temps per els diferents tractaments amb la seva N mostral.

Pel que fa a la mida de *C.orni* (figura 14), primerament cal dir que algunes de les sessions de mostreig presenten una mida mostral molt petita i gens representativa. Però a grans trets, el que es pot veure és que no hi ha una diferència molt gran pel que fa a la mida ni al llarg del temps ni entre tractaments.

A més a més, es pot veure com la fenologia de *C.orni* s'acaba abans de l'acabament de l'estudi (11/09/2014) i abans de que s'acabi la temporada d'estiu com s'ha vist també a la figura 12.

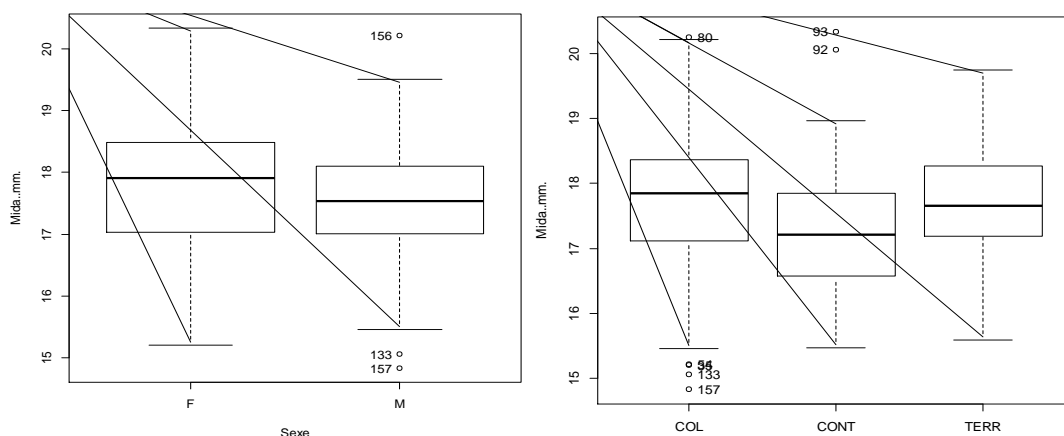


Figura 15 – Diagrama de Caixa que mostra la mida segons el tipus de tractament i de sexe de *C.orni*.

Taula 1 – Test de normalitat i Anova Bifactorial.
Hi ha normalitat (P-value>0,05).

Normalitat	
P-value	0,4658

Pel que fa als resultats obtinguts en la mida de *C.orni* (Taula 1), primerament cal dir que es va eliminar una dada (147) degut a que va ser un error en la mesura i era un valor atípic molt improbable que correspongués a una mesura real de *C.orni*.

Anova Mida (mm)	
	P-value
Sexe	0,02365
Tractament	0,15233

Després de comprovar els supòsits que han de complir per l'estadístic utilitzat, es va veure com pel que fa la mida, sí que hi ha diferències significatives en quant a la mida de *C.orni* segons el sexe que tinguin aquestes (P-value < 0,05). És a dir, que la mida és diferent entre mascles i femelles de *C.orni*.

En canvi, pel que fa a la mida segons els diferents tractaments, el que es va obtenir és que no hi havia diferències significatives entre la mida de *C.orni* dels diferents tractaments (P-valor > 0,05).

- **Proporció sexual:**

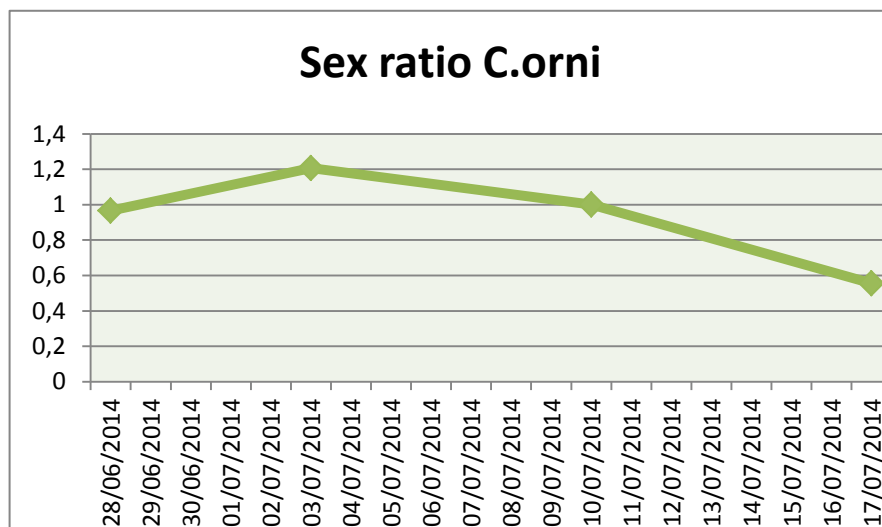
Taula 2 – Proporció sexual de *C.orni* segons els diferents tractaments.
Colomers (Col), Terrades (Terr) i Zona no cremada o control (Cont).

Tractament	Sexe		TOTAL
	Femella	Masclle	
COL	80	81	161
TERR	18	13	31
CONT	16	14	30
TOTAL	114	108	222

%	Femella	Masclle
COL	0,4968944	0,50310559
TERR	0,5806452	0,419354839
CONT	0,53333333	0,466666667

En la taula 2, podem observar la proporció de sexes segons els diferents tractaments estudiats. En aquesta taula, es pot veure com la proporció de sexes es manté igualitària al 50% en tots els tractaments (uns més que menys). També es pot veure, com la zona que la proporció d'ambdós sexes difereix més és la de Terrades (58% femelles i 42% mascles).

Finalment, cal dir que la mida mostral analitzada difereix entre tractaments.



Els resultats obtinguts en la proporció de sexes al llarg del temps (figura 16), corresponen a només dades de Colomers degut a que era la zona on la N mostral era major.

Cal dir, només es poden veure 4 punts en aquesta figura perquè es va

Figura 16 – Proporció de sexes de *C.orni* de la zona de Colomers Mascles/Femelles.

considerar que tots els altres punts o no hi havia dades o la mida mostral era massa reduïda com per tenir sentit en calcular la proporció de sexes.

Pel que es pot veure, més o menys durant tot l'estiu, la proporció de sexes es manté al voltant de percentatges iguals. Fins que cap a finals d'estiu, hi ha una davallada i la proporció de Mascles disminueix mentre que el de femelles augmenta.

• **Abundància:**

Taula 3 – Test de normalitat i Anova. Hi ha normalitat (P-value>0,05).

Normalitat	
P-value	0,5063

Anova Mida (mm)	
P-value	0,3305

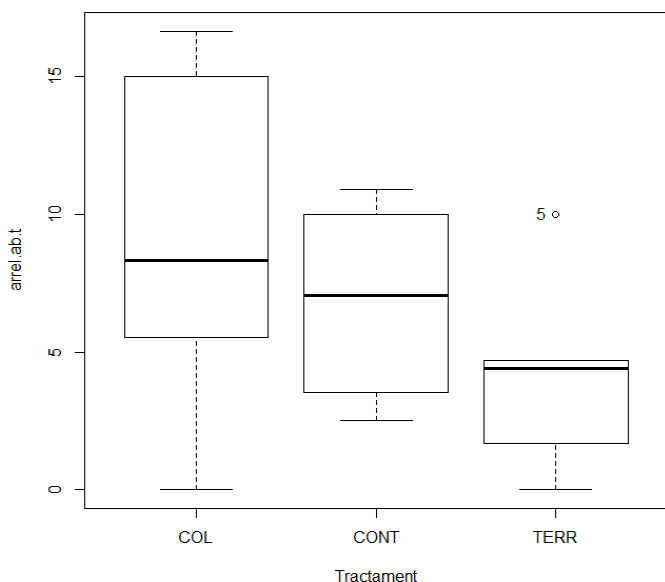


Figura 17 – Diagrama de caixa que mostra les dades d'abundància recollides a cada zona (nº d'individus/100 m²) amb les seves respectives mitjanes i desviació N = 15 (5 transectes per zona). p = 0,3305

Respecte a l'abundància de *C.orni* (figura 17), primerament cal dir que perquè les dades presentessin normalitat s'ha hagut de transformar les dades fent l'arrel quadrada (al haver-hi zeros no es podia transformar de cap més manera) per poder complir els supòsits de partida i de l'estadístic (Zuur et al., 2010).

Pel que fa a l'abundància en l'emergència de cigales en els diferents tractaments (Taula 3), podem dir que s'ha vist que no hi ha diferències significatives pel que fa a la diferència en l'abundància de *C.orni* entre tractaments (p-valor més gran que 0,05 = Ho. p = 0,3305).

També s'ha vist que hi ha una gran variació en l'abundància sobretot a la zona de colomers i un valor atípic (el 5).

Cal dir, que les dades d'abundància utilitzades no són les mateixes que les mostrades en la figura 12 sinó molt menys i només corresponen a *C.orni*.

Discussió

1. Dels resultats obtinguts en el mètode de calibratge (figura 10 i 11), podem afirmar que el mètode d'abundància relativa provat per la sortida d'emergència de cigales és molt fiable. És així perquè al comparar-ho amb la abundància real absoluta que es va fer al llarg de l'estiu, la regressió entre aquests dos mètodes va ser molt bona corroborant que la relació entre els dos mètodes era lineal. Les variabilitat és explicable pel patró heterogeni d'emergència de nimfes i pel fet que les parcel·les abasten una superfície de 16 m^2 i 36 m^2 als boscos cremats, mentre que els transsectes abasten 200 m^2 .

També cal dir, que la diferència entre la regressió dels dos mètodes de calibratge fets és degut a la durada de recollida del mètode d'abundància absoluta. És a dir, que quan es va comparar el mètode d'abundància absoluta amb el mètode d'abundància relativa, com que només es va fer una recollida (el mètode d'abundància relativa) la regressió va ser molt més alta entre els dos mètodes quan es va comparar fins que es va fer servir el mètode de d'abundància relativa (al 31/07/2014) que comparant el mètode d'abundància absoluta de tot l'estiu amb el mètode d'abundància relativa (fins el 11/09/2014).

Per aquest motiu, la regressió fins al 31/07/2014 és una mica més robusta que la regressió fins a l'11/09/2014.

2. Pel que fa als resultats de la fenologia de *C.orni* (figura 12 i 13), com ja s'ha vist hi ha una diferència temporal (d'una setmana entre tractaments) en l'emergència de les cigales. Això és així perquè les cigales necessiten una temperatura i irradiació solar llindar per poder completar el seu cicle i poder fer servir els seus aparells estriduladors (mascles)(Sanborn et al., 2011). Per tant, com que depenen molt de la temperatura, la cobertura vegetal té un paper clau en aquest fet. El que passa és que hi ha un avançament en la fenologia d'emergència de cigales en les zones cremades perquè com que no hi ha cobertura vegetal, el terra de seguida queda més calent que a les zones amb molta vegetació i per això surten abans (Smith et al., 2006). A més de comprovar-ho, el nostre estudi ha reflectit a més a més que hi ha un avançament de dues setmanes a la zona incendiada de 1r any (perquè no hi ha vegetació) i un avançament d'una setmana a la zona incendiada de 2n any, respecte la zona no cremada (perquè ja hi ha més cobertura arbustiva i herbàcia que creen ombra al sòl).

També cal dir que s'ha vist que no hi ha una diferència en quant als sexes de la fenologia i per tant, l'avançament de l'emergència es pot dir clarament que només està lligat a la incidència de la llum del sol i conseqüentment, a la cobertura vegetal.

3. Pel que fa a la mida de *C.orni*, sí que s'han trobat diferències entre mascles i femelles però no se n'ha trobat pel que fa al tractament. Però, seria interessant poder tornar-ho a avaluar degut a dos motius. El primer és que la nostra mida mostral és relativament petita degut a que moltes exúvies de *C.orni* (és amb la que es va fer l'estudi), estaven fetes malbé o els hi faltava una part i es van haver de descartar.

L'altre motiu, és que les exúvies de la zona no cremada, a diferència dels altres tractaments, provenen tant de Terrades com de Colomers i, per tant, hi algunes diferències quedessin emmascarades per aquest fet.

Respecte als resultats de proporció sexual, cal dir que en aquest cas es tracta d'una simple comparació numèrica entre tractaments, ja que els valors obtinguts no permeten testar-ne diferències.

Finalment, l'anàlisi de l'abundància de *C.orni*, mostra que no hi ha diferències significatives en quant a l'abundància de l'espècie en els tractaments però gràficament sí que se'n observen. Tanmateix la mida mostral potser no va ser suficient (si ens fixem en parcel·les són 20 per tractament), tenint en compte la variabilitat d'abundància dintre parcel·les d'un mateix tractament (un 41,7% de les quals no es van tenir exúvies).

A més, també s'ha de dir que no es va treballar amb les dades de parcel·les perquè com s'ha dit anteriorment, el problema que hi havia és que al haver-hi moltes parcel·les sense exúvies, llavors no es complia els supòsits estadístics principals com per exemple la normalitat.

Finalment, cal dir que es va donar prioritat al factor temps que no pas a la grandària mostral ja que al ser només dues persones en mostrejar, si es decidia augmentar moltíssim el nombre de transsectes que es feia a cada zona, llavors no s'haguessin pogut mostrejar tots al mateix dia i el factor temporal podria haver influït molt en l'estudi.

Per tant, intentar equilibrar una mida mostral suficient per tenir el màxim de fiabilitat possible, alhora que poder dur a terme el mostreig en un dia.

Conclusions

Referring to the first point, we can affirm that the method which was used in this study is effective and useful to estimate *Cicadide* abundance.

Furthermore, we can say that these insects need the ground heating to complete their life history. For this reason they exclusively depend on this aspect to emerge from the underground. The intensity of sunlight regulates the emergence period and consequently, in burned areas of low vegetation cover nymphs emerge sooner than in unburned areas.

Moreover, we should do a study with a strong sample size in order to get trustworthy results on neither body size and sex ratio nor the abundance because we didn't find differences between burned and unburned habitats.

To conclude, doing this whole study I've learned different things. First of all I have learned to build a sample work method in order to get data in the field work. Besides that, I had to learn using new gadgets to analyse the samples and of course I had to improve my level of statistics in order to apply it in this study.

And finally, I've learned to write like a scientist and to do an accurate report about cicadas.

Bibliografia

- Cicada.cat Els Cicadidae a Catalunya , (<http://cicadacat.wix.com/index>). (25/03/2015).
- Bombers, G. de C. (2013). Especial incendis en interfase urbana-forestal.
- Bombers, G. de C. (2014). Sequera + ventades + bosc no gestionat = incendis d ' hivern , la campanya contínua, 1–20.
- Boulard M., Mondon B. (1995). *Vies et mémoires de cigales* (Editions d). Barbentane, France: Equinoxe.
- Hertach, T., & Nagel, P. (2013). Cicadas in Switzerland : a scientific overview of the historic and current knowledge of a popular taxon (Hemiptera : Cicadidae), *120*(2), 229–269.
- Hou, Z., Li, Q., & Wei, C. (2014). Morphology and identification of the final instar nymphs of three cicadas (Hemiptera, Cicadidae) in guanzhong plain, China based on comparative morphometrics. *ZooKeys*, *50*, 33–50.
doi:10.3897/zookeys.425.7897
- Kay, T. M. C. (2014). The Emergence Densities of Annual Cicadas (Hemiptera : Cicadidae) Increase With Sapling Density and Are Greater Near Edges in a Bottomland Hardwood Forest, 859–867.
- Lee, H. Y., Oh, S. Y., & Jang, Y. (2012). Morphometrics of the final instar exuviae of five cicada species occurring in urban areas of central Korea. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *15*(4), 627–630. doi:10.1016/j.aspen.2012.07.004
- Sanborn, A. F., Simões, P. C., Phillips, P. K., & Quartau, J. a. (2011). Thermoregulation and the influence of body temperature on calling song parameters in *Cicada orni* (Hemiptera: Cicadidae). *European Journal of Entomology*, *108*, 365–369.
- Smith, D. M., Kelly, J. F., & Finch, D. M. (2006). Cicada emergence in southwestern riparian forest: Influences of wildfire and vegetation composition. *Ecological Applications*, *16*(4), 1608–1618. doi:10.1542/peds.2005-1284
- Tellería, J. L. J. (1986). *MANUAL PARA EL CENSO DE LOS VERTEBRADOS TERRESTRES*. Madrid: RAICES.
- Zuur, A. F., Ieno, E. N., & Elphick, C. S. (2010). A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, *1*, 3–14.
doi:10.1111/j.2041-210X.2009.00001.x

