



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS



CENTRO DE INVESTIGACIONES SOBRE DESERTIFICACIÓN – CIDE

Bases científicas para incrementar la resiliencia a los incendios de los ecosistemas valencianos: Fase II, Inicio de los trabajos de investigación

Convenio de colaboración entre la *Generalitat Valenciana* y el CIDE, 2021

Informe de las actividades realizadas y resultados obtenidos

Participantes (CIDE): Lola Álvarez, Julia Gegunde, Guille Benítez, Patricio García-Fayos, Eugenia Gimeno, Carmen Guiote, Bruno Moreira, Nerina Pérez, Pep Pons, Jaime Sáiz, Maya Zomer

Participantes de otras instituciones: Josabel Belliure (Universidad de Alcalá), Amalia Muñoz, Esther Borrás y Ramón López (CEAM), Oscar Pelayo (Universidade de Aveiro).

Dirección y coordinación: J.G. Pausas (Departamento de Ecología y Cambio Global, CIDE, CSIC)

Bases científicas para incrementar la resiliencia a los incendios de los ecosistemas valencianos: Fase II. Inicio de los trabajos de investigación

Introducción

El marco general del presente proyecto surge del común acuerdo entre Generalitat Valenciana y CIDE (CSIC) sobre la conveniencia de aunar gestión e investigación ante una de las principales perturbaciones naturales presentes en los ecosistemas valencianos como son los incendios forestales. Actualmente se está observando un incremento de la actividad de los incendios forestales en muchas partes del mundo. Este incremento en la frecuencia, tamaño, e intensidad de los incendios, puede llevar a la degradación de los ecosistemas y al incremento del riesgo para la población e infraestructuras. Para reducir el riesgo de incendios y aumentar la resiliencia de los paisajes, se suelen hacer intervenciones en el monte destinadas a modificar la estructura y la composición de la vegetación, y con ello disminuir la inflamabilidad y el combustible. Entre estas intervenciones se encuentran las plantaciones de especies rebrotadoras y relativamente poco inflamables (por ejemplo, especies del género *Quercus*) y la reducción del combustible mediante quemas, pastoreo y cortas. Las plantaciones tradicionales se suelen hacer con métodos relativamente agresivos para el ecosistema (uso de maquinaria pesada, hoyos de plantación, etc.) y tienen un coste relativamente elevado. Por ello, estudiar posibles métodos menos agresivos resulta necesario. Por otro lado, la reducción del combustible tradicionalmente se ha llevado a cabo mediante cortas o pastoreo. El uso de quemas prescritas es una actuación novedosa en la Comunidad Valenciana, por lo que resulta conveniente explorar los efectos ecológicos que puede generar. El presente proyecto aborda estos dos temas.

En la primera fase de este proyecto (convenio 2020) se puso a punto la metodología para realizar investigaciones que contribuyan a incrementar la resiliencia a los incendios de los ecosistemas valencianos. En concreto se ensayó métodos innovadores de restauración con especies rebrotadoras del género *Quercus* utilizando dispersores naturales, y se puso a punto los métodos para evaluar el impacto ecológico de las quemas prescritas realizadas por la Dirección General de Prevención de Incendios Forestales (DGPIF, *Generalitat Valenciana*).

En esta segunda fase del proyecto (convenio 2021) se han iniciado los trabajos en las dos actividades propuestas: A) Ensayar en zonas concretas la técnica de los dispersores de bellotas; y B) Evaluar las consecuencias ecológicas de las quemas prescritas de dos planes de quemas realizados por la DGPIF. A continuación se detallan las tareas realizadas en las dos actividades; las figuras a las que se hace referencia se encuentran en los anexos I y II.

Las actividades de este proyecto han sido realizadas principalmente por el Departamento de Ecología y Cambio Global del CIDE, con colaboraciones de otros departamentos e instituciones. Este proyecto también se ha beneficiado de una colaboración con el proyecto europeo “fireUrisk” (*Developing a holistic, risk-wise strategy for European wildfire management*; Comisión Europea, GA 101003890).

A. Restauració amb espècies del gènere *Quercus* mitjançant els dispersors naturals

L'objectiu és assajar una metodologia innovadora per a incrementar la dispersió i establiment de quercínies (d'espècies de gènere *Quercus*) en ambients on estes espècies tenen limitacions per arribar. Se pretén establir un protocol per aconseguir unes densitats de plançons suficients per augmentar la resiliència dels ecosistemes davant d'incendis forestals. Esta metodologia se basa en estimular al seu dispersor natural, el gaig (*Garrulus glandarius*; cast: *arrendajo*), per a que dispersi glans en llocs que difícilment arribaria sense ajuda. Açò se fa posant diversos dispositius amb glans (menjadores) a prop dels territoris del gaig, per tal de dirigir-lo a les zones objectiu de la restauració. A continuació detallem les tasques realitzades; les figures es presenten a l'Annex I.

Selecció de zona d'estudi

Després de valorar com a possibles candidats, les cremes de Morella i de Castell de Castells, es va decidir utilitzar les zones dels incendis de 2021 per a realitzar l'assaig de la metodologia. A continuació se detallen les raons.

Cremes de Morella: les cremes es van realitzar en una zona d'antigues pastures. L'abundància de arbres productors de gla al sud i la presència de gajos fan pensar que facilitar la dispersió de glans és innecessari. En qualsevol cas, l'abundància d'àrees amb sòl poc cobert, i la no cobertura a la zona cremada fan preveure una baixa activitat del gaig (alt risc de predació durant la dispersió) i una dispersió dels glans cap altres zones més òptimes del voltant (pinars al nord). Tot açò junt en bones poblacions de *Q. ilex* i *Q. faginea* a la zona no fan aconsellable prendre acció alguna en relació a dispersió per gajos. En cas de que es volguera reforestar les pastures en quercínies, caldria considerar la sembra manual (per exemple, amb punxó de ferró) com la més adient.

Cremes Castell de Castells: Ací les poblacions de quercínies son més reduïdes a favor d'àmplies extensions de matollar. Vam constatar l'existència d'una parella de gaig que utilitza l'àrea i amb el nucli territorial adjacent al nord al Clot de la Llacuna. La llacuna es una dolina amb moltes finques agrícoles actualment abandonades i que està sent repoblada activament pel gaig, i on vam replegar gla per a possibles assajos a les parcel·les a cremar. Finalment estos no es van portar endavant degut a que les cremes es van realitzar a finals de març. La raó per la que vam prendre està decisió es basa en dos premisses: a) Les germinacions tardanes podrien tenir menys probabilitats de sobreviure a l'estiu (tot i que açò no sempre és cert); y b) l'activitat de dispersió del gaig es veu reduïda dràsticament en l'inici de la temporada de cria (març). En qualsevol cas, el nostre pronòstic és que en les parcel·les cremades de matollar la dispersió per gaig serà baixa degut al risc per predació i a la disponibilitat de zones òptimes adjacents (pinars i bancals abandonats) que desviaran l'atenció dels gajos. En les parcel·les de cremes en pinar la dispersió seria òptima sempre que a) es faça en anys o mesos en poca disponibilitat de gla natural, i b) les cremes es facen abans de març (reproducció gaig). Per tant, seria possible la utilització d'estes cremes en un futur.

Incendis de 2021. Després de visitar l'incendi d'Azuébar, i una xicotet incendi a Sueras, tots dos de l'agost de 2021 a la Serra d'Espadà, s'observa que són llocs apropiats. Els incendis proporcionen una finestra d'oportunitat amb baix recobriment de matollar, apropiat per a la introducció de glans amb possibilitat d'establir-se i créixer. A més, a prop d'aquests incendis hi ha poblacions de gaig. A l'incendi d'Azuébar se seleccionen zones prop del marge de l'incendi per a facilitar atreure el gaig a l'interior de l'incendi.

Producció de glans

La disponibilitat o no de glans al voltant de l'àrea objectiu es clau per planificar el moment per a executar aquesta activitat. En anys de baixa o nul·la producció de glans els menjadors poden disposar-se ja a partir d'octubre. Pel contrari, si la producció es elevada, caldrà endarrerir la

col·locació d'estos (possiblement fins gener). A més, l'activitat de predació de glans pels rosegadors es pot veure augmentada en anys de poca disponibilitat de glans.

S'ha continuat el seguiment de producció de glans a la Serra d'Espadà, un seguiment que estem fent des de 2004. El mètode consisteix en el comptatge del nombre de glans per arbre en 30 segons, fent la mitja de 6 arbres per estació i un total de 31 estacions distribuïdes des de La Vall d'Uixò fins a Pàvias. La producció de glans del 2021 ha estat un poc per damunt de la mitja (Fig. 2). I s'ha recollit gla a diferents punts de la Serra d'Espadà per a l'experiment d'implementació de menjadores; se necessiten entre 20 i 40 Kg per menjadora. Per tal de conservar-la, s'ha mantingut les glans a 2 - 5°C i en humitats semblants a les del gla (60 -70%).

Germinació

Una pregunta recurrent en la sembra de glans, ja siga pel gaig o en sembres en punxó de ferro, és la influència de la data de sembra en la supervivència i creixement de les plantes. Per donar resposta en la temporada 20-21 vam establir dos sembres experimentals (Ribesalbes i Cortes de Arenoso): a) quadres de germinació i control del creixement de la part aèria i b) sembres de glans per a posterior desenterrament i mesura de la profunditat de l'arrel. Els resultats (Fig. 3) indiquen que les supervivències són més altes quan abans es sembren les glans (tardor), i que sobre tot en les parts baixes amb estius més eixuts moltes glans desenvolupen les arrels però esperen a després de l'estiu per a desenvolupar la part aèria. La proporció d'estes plantes "latents" es molt més alta en les sembrades a la primavera (Fig. 3).

Anàlisi de potencialitat d'àrees a la Serra d'Espadà per implementar la metodologia

La distribució dels gajos està associada a les àrees forestals arbrades. Les zones no arbrades de reduïdes dimensions dins d'aquelles (incendis, matollars i conreus) són també utilitzades. Ara bé, al augmentar les seves dimensions este desapareix o fa un ús ocasional, degut a un augment del risc de ser depredat i a la competència d'altres còrvids.

Per un altra banda, moltes zones manquen de suficients arbres productors de gla per a una dispersió òptima per els gajos. Estes zones són les pinedes de regeneració post-incendi, pinedes de regeneració sobre bancals agrícoles, o matollars arbrats post-incendi. Són estes àrees les més indicades per a la col·locació de menjadors de glans per a potenciar la dispersió pel gaig.

Utilitzant la metodologia descrita en Pons & Pausas 2008 (*Forest Ecology and Management* 256:578-584), reforçada amb dades pròpies (Morella-Vallibona), hem calculat la població teòrica de gaig en el Parc Natural de la Serra d'Espadà. Una vegada creuades les dades amb la cobertura de *Quercus arboris* a partir del Mapa Forestal obtenim que el 60.6% del Parc està en disposició de regenerar-se de manera natural (hi ha gaig i glans). Els pinars i els pinar de regeneració òptims per a la instal·lació de menjadors de glans podrien estar al voltant del 10-15% de la superfície total del Parc (Fig. 4).

Implementació de menjadores experimentals

Hem seleccionat 3 llocs per a avaluar l'ús de la dispersió de glans en zones cremades: Azuébar 1 (x= 722839, y= 4414446). Azuébar 2 (x=723962, y= 4415201), i Sueras (x= 725541, y= 4428694). La diferència principal entre els dos punts es que Azuébar 1 és una àrea de matollar i pinedes de *P. halepensis* i sense gla natural. Pel contrari, Azuébar 2 està situat a prop del monte Carrascal on predominen matollars amb carrasques i sureres disperses o en xicotets grups.

Per a incrementar les probabilitats de ser ràpidament localitzades pel gaig, primer (octubre 2021) se va col·locar fins a 5 menjadores provisionals (carbasses amb aproximadament 1kg de glans; Fig. 5) a cada lloc, situades entre el punt objectiu i la zona amb presència de gaig. Després, quan ja es veu que el gaig les visita, se retiren progressivament les menjadores més llunyanes a l'objectiu i se deixa finalment només la menjadora més pròxima a l'objectiu de restauració; allí col·locarem la menjadora definitiva que consisteix amb una major capacitat de glans. A data de hui, hem pogut ficar en marxa

les menjadores grosses de Azuébar 1 i Suera amb 5 Kg cadascuna, i falta el de Azuébar 2 que està en procés.

Resultats

Els resultats es faran palesos al maig-juliol de 2022 quan hi haja les germinacions a partir dels glans subministrats en els menjadors. Açò ens permetria determinar quins són els factors determinants per obtenir a) densitats acceptables de regenerat i b) la possibilitat de dirigir aquest regenerat a les zones objectiu. El risc està en que els gaig agarri les glans i no les sembri a la zona objectiu, si no que se les emporti a fora.

En una fase posterior caldria protocol·litzar totes les fases del procés per estandarditzar la tècnica, sense oblidar un anàlisi previ de l'espai per dirigir els esforços només a les zones que realment necessiten de la intervenció directa, el que faria el procés més eficaç i permetria un estalvi elevat de recursos

B. Evaluación de las consecuencias ecológicas de la gestión de combustible

A continuación se detallan las actividades realizadas y los resultados obtenidos en relación a la evaluación de las quemas de Morella La Vella (Els Ports) y Castell de Castells (Marina Alta). La nomenclatura de las parcelas hace referencia al código utilizado en los planes de quemas proporcionados por la DGPIF. Las figuras se presentan en el Anexo II.

MORELLA LA VELLA

En esta zona, hasta la fecha, se han realizado dos quemas (Tabla 1, Fig. 1): una en otoño de 2020 (3A, Fig. 2) y otra en primavera de 2021 (2B). La parcela 2B se decidió quemar el mismo día de la quema (en lugar de quemar la parcela prevista – 2A), por lo cual, no se pudo evaluar las características de la parcela antes de la quema (recubrimiento y diversidad de especies, suelo) ni se pudieron instalar los sensores de temperatura.

Tabla 1. Características generales de las dos quemas realizadas en Morella la Vella

Parcela	3A	2B
Fecha	24 Noviembre 2020	4 Marzo 2021
Superficie (ha)	2.46	4.36
Altitud (m)	1034	1015
Orientación	N	SE
Tipo de vegetación	Pastizales en grandes bancales	Pastizal, con abundantes enebros (<i>J. oxycedrus</i>)
Hora de inicio / fin	12:15 / 16:00 (aprox)	13:30 / 17:50 (aprox)
Jefe de quema	Joan Busquets	Joan Busquets

Temperaturas: En la parcela 3A se instalaron antes de la quema sensores de temperatura (termopares), tanto en la superficie del suelo como en algunos enebros (a 3 cm del suelo). Los resultados (Fig. 3) sugieren que el 90% del tiempo de la quema no superó los 25°C ni en el suelo ni en enebros; con algunos momentos extremos en algún punto que llegó a los 250°C en el suelo, y a 650°C en enebros. Los tiempos de residencia a temperaturas superiores a 50°C siempre fueron menores de 2 minutos en el suelo (y a 100°C, menores de 1 minuto), y llegó hasta máximo 8 minutos en enebros. Por lo tanto, la intensidad de la quema fue muy baja.

Severidad de las quemas: Se evaluó la severidad de las quemas en un total de 598 puntos en las dos parcelas (Fig. 4). El porcentaje de la superficie que no se afectó por la quema, el porcentaje que se quemó poco (parcialmente), y el que se quemó totalmente, fue de 15%, 58% y 27% para 3A y 12%, 49%, y 38% para la 2B. Por lo tanto, la mayoría de la superficie estuvo poco afectada por la quema.

Biomasa vegetal: La biomasa se evaluó excluyendo los bordes de los bancales, donde había los arbustos más grandes de la parcela pero que no representan la mayoría de la superficie de las parcelas. La mayor parte (cerca de un 85%) de la biomasa vegetal antes de la quema era biomasa herbácea seca y el resto era herbácea verde. La quema consumió la mayor parte de esta biomasa seca y una parte de la verde (Fig. 5). En total la quema redujo en un 95% la biomasa herbácea de la parcela.

Diversidad vegetal: Se ha estudiado la diversidad taxonómica de plantas en la parcela 3A. Se observaron 33 especies antes de quema (2-3-2021) y 53 después (22-6-2021). Por ejemplo, seis meses después de las quemas se observó una elevada diversidad de especies de orquídeas (Fig. 6).

En cualquier caso, estos datos son preliminares ya que en esta primera quema, la diversidad previa a la quema se tuvo que tomar en invierno, periodo no óptimo para el muestreo.

Enebro: Se ha estudiado el rebrote de los enebros (*Juniperus oxycedrus*) en las dos parcelas (Fig. 7). La mayor parte de los enebros han rebrotado después de la quema (>80%; evaluado en noviembre 2021) en ambas parcelas; el porcentaje de individuos rebrotados ha sido ligeramente superior en la quema realizada en primavera (parcela 2B, 89% de los individuos) que las que se habían quemado el otoño anterior (parcela 3A, 84%). Y de los individuos que rebrotaron, los que se quemaron en primavera y con mayor severidad (afección en las copas) son los que sacaron más brotes (Fig. 9). Estas diferencias podrían deberse al hecho que en ambos casos el rebrote se inició en mayo y, por lo tanto, las plantas quemadas en el otoño anterior están más tiempo dependientes de las reservas almacenadas, lo que puede afectar negativamente la capacidad de rebrote.

Suelos: En la parcela 3A se recogieron muestras volumétricas de suelo (0-3 cm) antes de la quema (9 en pastizal, 6 bajo enebro) y después (10 de cenizas, 12 de suelo), el mismo día de la quema. Se evaluó la cantidad carbono (total, orgánico e inorgánico) y nitrógeno total. Los resultados sugieren que tanto en el pastizal como debajo de los enebros, la cantidad de carbono y nitrógeno incremento después de la quema (Fig. 10), debido al aporte de materia orgánica proveniente de las cenizas.

Humo: Durante las quemas se instaló un sistema de medidas de compuestos gaseosos inorgánicos (CO, CO₂, NO₂, SO₂, O₃) y de compuestos volátiles orgánicos, y se recolectaron muestras de la fase particulada del humo para su posterior análisis. En la quema de la parcela 3A, los valores de gases inorgánicos fueron muy bajos debido a las limitaciones en la disposición del sistema de muestreo (la mayor parte del tiempo el humo se dirigía en la dirección opuesta a la toma de muestras) y a la elevada dilución por el viento. En la quema de la parcela 2B, el dispositivo se pudo colocar mejor. Los valores de CO y CO₂ se presentan en la Fig. 11; la caracterización química de compuestos orgánicos y multi-oxigenados volátiles (COVs, OVOCs) y de los compuestos presentes en el material particulado, está en elaboración. No se observó restos de materia viva en las muestras de humo.

Conclusión: Los datos actuales, a falta de finalizar el seguimiento el próximo año, sugieren que las dos quemas realizadas en Morella la Vella han sido de muy baja intensidad y han tenido un impacto mínimo en el ecosistema.

CASTELL DE CASTELLS

En esta zona, hasta la fecha se han realizado dos quemas, en marzo de 2021 (Tabla 2): una correspondiente a las parcelas 4A y 4B y la otra en las parcelas 5A y 6A. Las cuatro parcelas son continuas y de características similares (Fig. 12).

Tabla 2. Características generales de las dos quemas en Castell de Castells

Parcela	4A y 4B	5A y 6A
Fecha	16 Marzo 2021	25 Marzo 2021
Superficie (ha)	1.29	1.25
Altitud (m)	845	840
Orientación	NO	NO
Tipo de vegetación	Matorral con pinos dispersos	Matorral con pinos dispersos
Hora de inicio / fin	13:00 / 17:00	12:30 / 16:00 (aprox.)
Jefe de quema	Esteve Cunyat	Esteve Cunyat

Temperaturas: Se instalaron indicadores de la temperatura del fuego (termopares; Fig. 13) tanto en la superficie del suelo como en algunos arbustos (10 cm). A nivel del suelo, la segunda quema (5A-6A) fue un poco más intensa (Fig. 14). Las máximas temperaturas alcanzadas en el suelo fueron de aproximadamente 400° (4A-4B) y 650° (5A-6A), aunque fueron puntuales (Fig. 14). En planta, las temperaturas máximas alcanzadas fueron de alrededor de 800°C; también muy puntuales (Fig. 14) y los tiempos de residencia cortos (especialmente en la quema de 4A-4B). En la parcela 4A-4B, sólo en un termopar en planta estuvo 25 minutos a temperaturas superiores de 50°C (y 15 minutos a 100°C). En la parcela 5A-6A varios puntos estuvieron más de 40 minutos a temperaturas superiores de 50°C. Es decir, la quema de la parcela 5A-6A fue más intensa que la de la parcela 4A-4B. Los tiempos de residencia promedios en planta fueron de 25 minutos a >50°C, 5 minutos a >100°C, y 2 minutos a >300°C; estos mismos valores para el suelo fueron, 17, 1.3, y 0.3 minutos, respectivamente).

Severidad de las quemas: Se evaluó la severidad de las quemas en un total de 381 puntos. En general las dos quemas fueron poco severas: el 13% de la superficie no se afectó, el 52% estaba poco (parcialmente) afectada, y el 35% de la superficie estaba totalmente quemada (Fig. 15). La segunda quema fue ligeramente más severa (no= 9%, poco= 49%, total= 42%) que la primera (no= 17%, poco= 53%, total= 29%), de manera coherente con la diferente intensidad observada (punto anterior).

Piñas: La quema abrió piñas que estaban en el suelo, producto de la corta de ramas que se había realizado previamente a la quema (Fig. 16). No se observó apertura de piñas en copa.

Biomasa vegetal: La biomasa vegetal se evaluó en 4 parcelas de 1m² (Fig. 18) antes y justo después de cada quema. La reducción en biomasa después de la quema fue bastante pequeña, de un 13% en la primera quema (4A y 4B) y de un 25% en la segunda (6A y 5A). La reducción fue debida principalmente a la reducción de biomasa viva; la biomasa muerta de hecho incrementó después de la quema (arbustos muertos, hojarasca; Fig. 19), debido a que la poca intensidad de la quema mató parte de los arbustos (al menos la parte aérea) pero no los consumió.

Diversidad de plantas: Se ha evaluado la riqueza de especies de plantas previamente a las quemas (marzo 2021), y a diferentes escalas espaciales (de 1 a 1000 m²; Fig. 20). Se han identificado un total de 163 especies de 44 familias distintas. La evaluación de la riqueza posquema se realizará en la próxima primavera. Dos meses después de la quema, se observan numerosas germinaciones nuevas (Fig. 21) y rebrotes (Fig. 22). Cabe destacar la presencia de numerosos individuos de *Cistus albidus* rebrotado de la base (Fig. 23), indicador de la extrema baja severidad de la quema. En esos momentos también ya había plantas en flor, especialmente dominante era *Thapsia villosa*, que la visitaban abundantes polinizadores.

Fauna: Las quemas no representaron un cambio significativo en la calidad de hábitat. El mismo día de la quema, al finalizar, ya se veían lagartijas merodeando entre las cenizas (lagartija cenicienta, *Psammodromus edwardsianus*, Fig. 17). En septiembre de 2021 se observan dentro de las parcelas quemadas 3 especies de lagartijas, la cenicienta, la colilarga (*Psammodromus algirus*) y la ibérica (*Podarcis hispanica*). Los individuos de estas dos últimas especies eran juveniles, por lo que presumiblemente había habido reproducción dentro de la parcela quemada. Además, también se observaron rastros de serpiente (*Malpolon monspessulanus*), y abundantes excrementos de arruí (*Ammotragus lervia*).

Suelos: Se recogieron muestras volumétricas de suelo (0-3 cm) antes y después de la quema, el mismo día de la quema y de manera similar a como se hizo en Morella. Los resultados sugieren muy pocos cambios debidos a la quema, con una muy ligera disminución en los valores de densidad aparente y ligeros incrementos en C y N (Fig. 25).

Conclusión: Los datos actuales, a falta de finalizar el seguimiento el próximo año, sugieren que las dos quemas realizadas en Castell de Castells han sido de muy baja intensidad, probablemente menos de lo deseado si uno de los objetivos era disminuir significativamente el combustible. Hasta la fecha, no se ha observado ningún efecto ecológico negativo.

Sugerencias para la gestión

- Los árboles quemados en pie después de un incendio favorecen un cierto ambiente forestal y proporciona posaderos para las aves, y por ello facilita la dispersión de semillas a la zona del incendio. Entre las especies beneficiadas está el arrendajo, que dispersa las bellotas para reforestar la zona quemada. Por lo tanto, en la medida que sea posible, se sugeriría dejar una proporción elevada de árboles quemados después de incendios.
- Las quemas realizadas hasta la fecha por Dirección General de Prevención de Incendios Forestales en Castell de Castells y en Morella la Vella han sido muy poco intensas, de manera que han sobrevivido y rebrotado incluso plantas que normalmente no sobreviven al fuego; además en el caso de Castell de Castells, se ha generado más biomasa muerta de la que había antes de la quema. No ha habido efecto en el suelo. Por lo tanto, y para que haya una mayor reducción del combustible, se sugiere incrementar la intensidad del fuego en las próximas quemas.

Consideraciones finales

El proyecto, en su Fase II, ha empezado a dar resultados. Ya tenemos datos de cómo funciona la dispersión de bellotas por arrendajo y estos ya están activamente dispersando las bellotas colocadas en nuestras parcelas experimentales. En la próxima primavera se podrá evaluar su efectividad y hacer las correcciones necesarias. También ya tenemos resultados de los efectos de las primeras quemas realizadas por la DGPIF (GV), y sugieren que las quemas han sido de muy baja intensidad y han afectado muy poco al ecosistema, aunque hasta la próxima primavera no se podrá evaluar definitivamente todos los efectos. Todo ello sugiere que se ha cumplido ampliamente los objetivos de esta fase del proyecto. Esperamos continuar con el proyecto durante los próximos años con la finalidad de continuar el seguimiento de las dos actividades y así poder sentar las bases científicas para incrementar la resiliencia a los incendios de los ecosistemas valencianos.

Montcada, Valencia, 24 de noviembre de 2021

Firmado: Juli G. Pausas

Se adjunta:

Anexo I. Figuras de la Actividad A (de Fig. 1 a Fig. 5).

Anexo II. Figuras de la Actividad B (de Fig. 1 a Fig. 25).

Annex I. A. La restauració amb espècies del gènere *Quercus* mitjançant els dispersors naturals: Figures



Fig. 1. Plançó de carrasca (*Quercus ilex*) en els pinars adjacent a les parcel·les de la crema de Castell de Castells, i provinent d'arbres productors del Clot de la Llacuna. Ha arribat mitjançant un gaig.

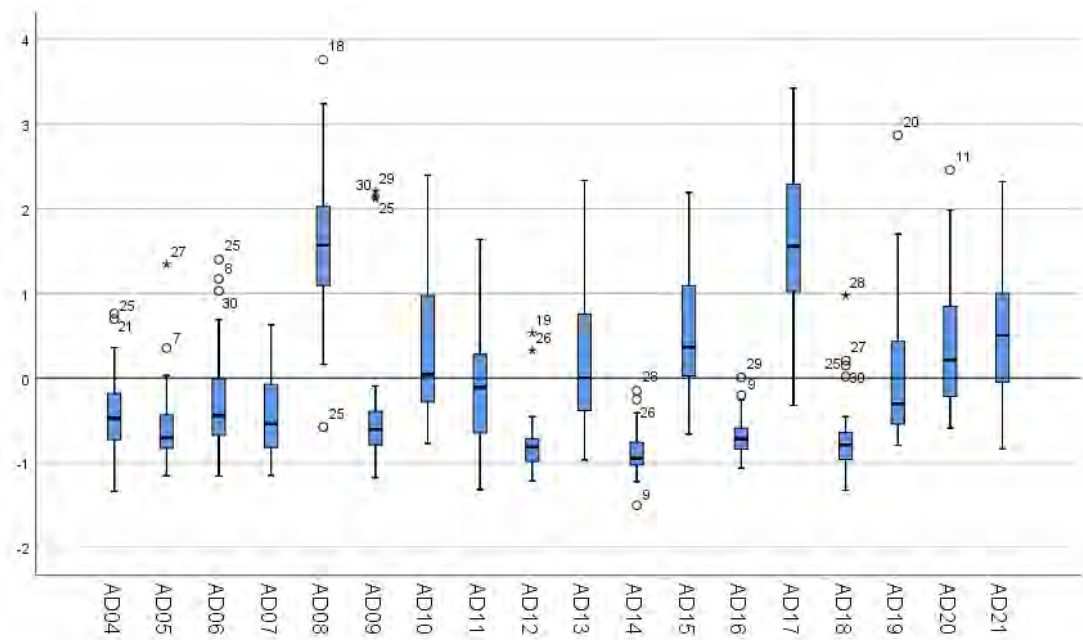


Fig. 2. Producció de galls (estandarditzada) a la Serra d'Espadà entre 2014 i 2021. L'any 2021 ha sigut relativament bo, per damunt de la mitja.

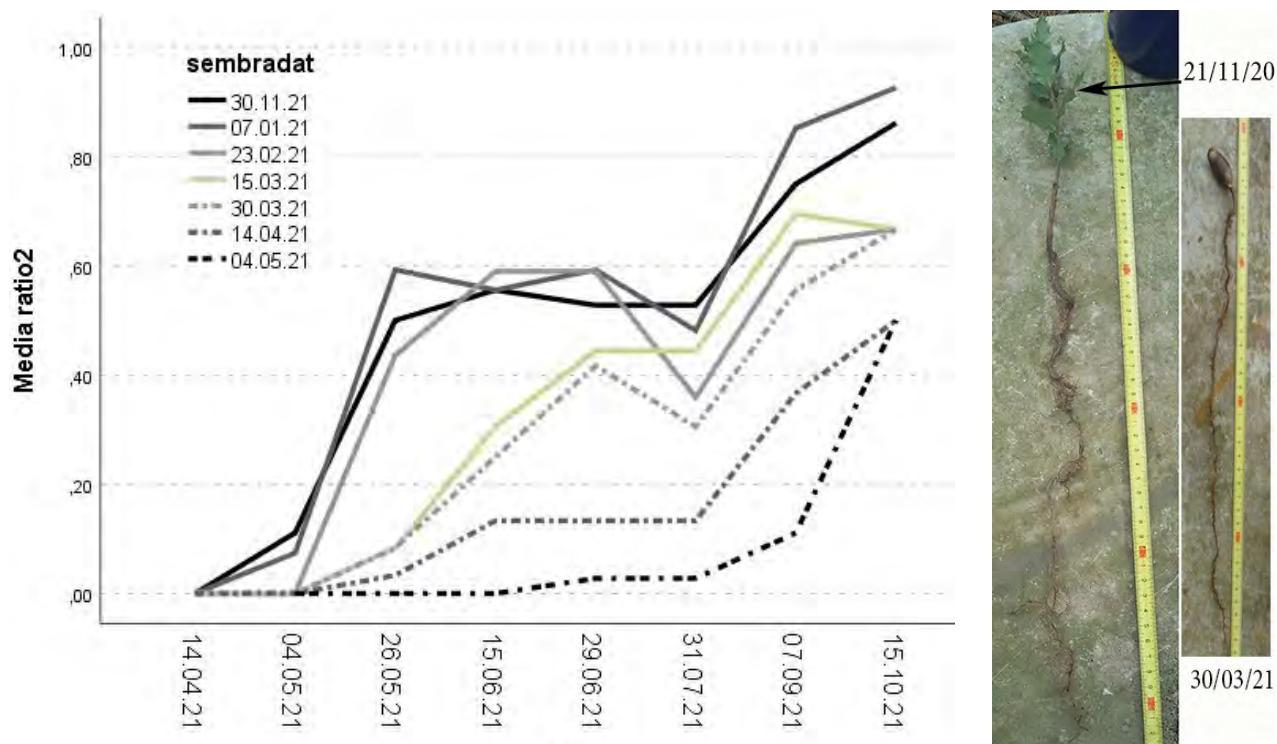


Fig. 3. Evolució de la proporció de glans germinats de carrasca (*Quercus ilex*) a estacions de germinació de Ribesalbes (esquerra), i desenvolupament radicular segons la data de sembra (dreta); la més tardana té uns 40 cm d'arrel i encara no ha desenvolupat part aèria.

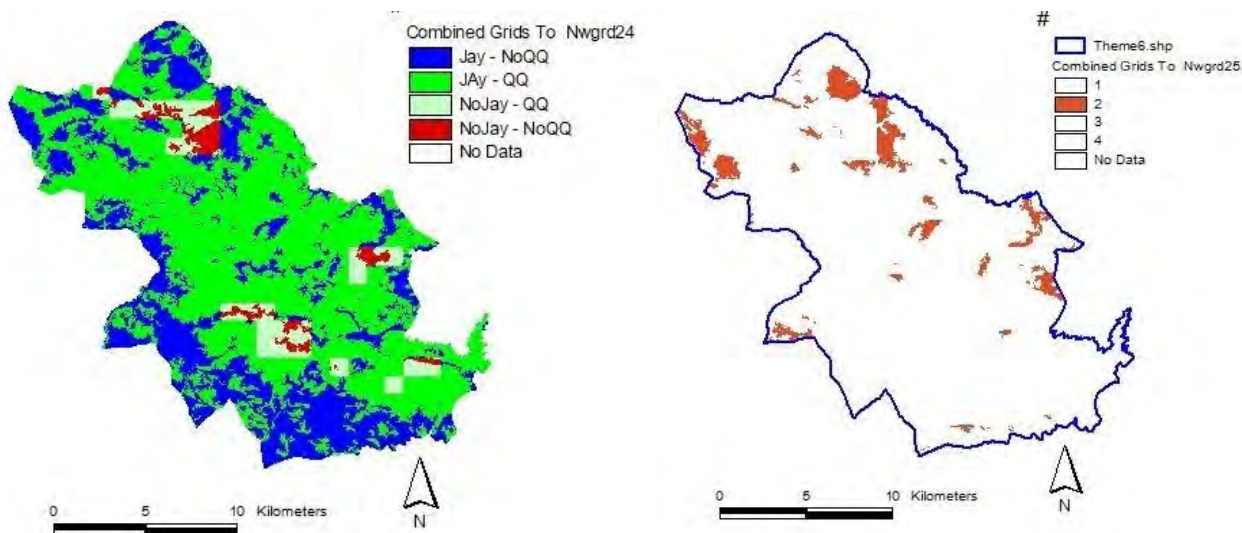


Fig. 4. Parc Natural de la Serra d'Espadà. Dreta: presència o no de gaig (Jay, NoJay) i d'espècies de *Quercus* (QQ, noQQ). Esquerra: Selecció d'àrees amb gaig (densitats ≥ 0.2 parelles/km²) i sense *Quercus* que són pinèdes i per tant apropiades per ser reforestades mitjançant l'afavoriment del gaig com a dispersor.



Fig. 5. Fotos de la col·locació de glans (a l'interior de carabasses) per tal d'atreure al gaig a una zona afectada per incendi. Es veu la menjadora i la càmera de fotos per a fer el seguiment, i un gaig apropant-se a la menjadora (foto de dalt a la dreta).

Anexo II. B. Evaluación de las consecuencias ecológicas de la gestión de combustible: Figuras

MORELLA LA VELLA

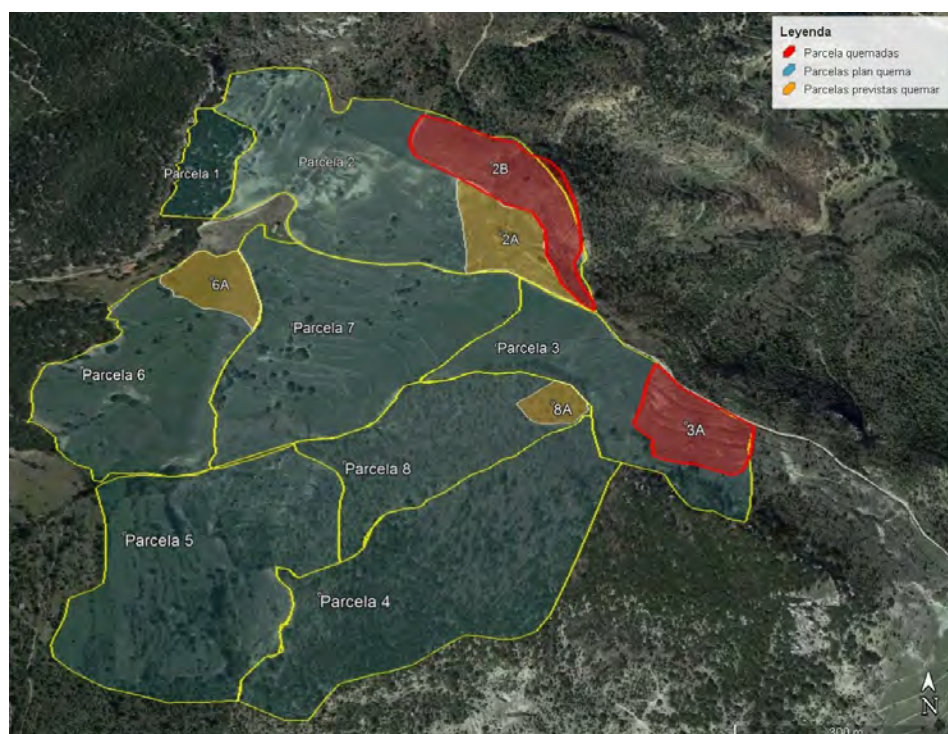


Fig. 1. Mapa del plan de quemas de Morella la Vella con las parcelas quemadas hasta la fecha en rojo (3A, 2B).



Fig. 2. Imagen del final de la quema de la parcela 3A donde se aprecia su heterogeneidad. Imagen tomada desde un dron, y proporcionada por la DGPIF, GV.

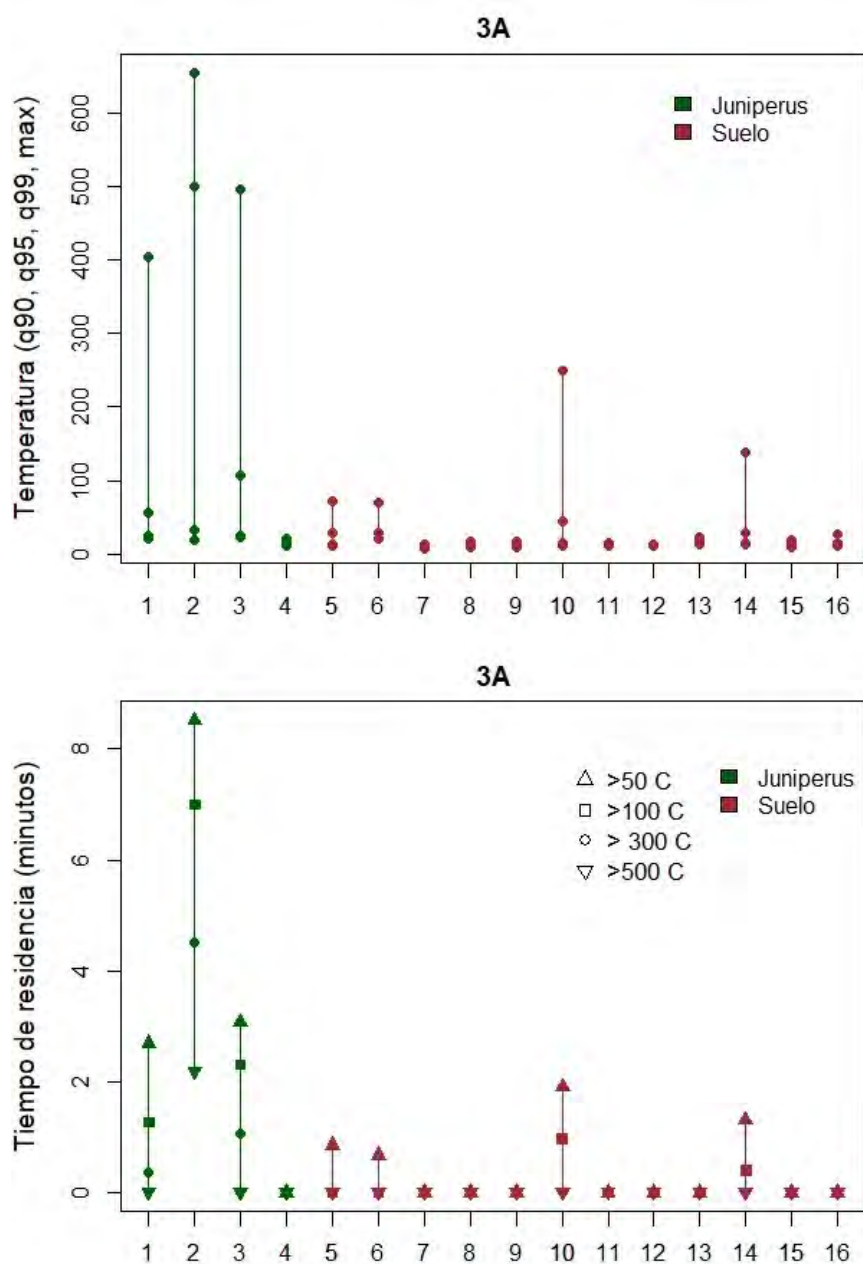


Fig. 3. Temperaturas registradas (arriba) y tiempo de residencia (abajo) en la parcela 2B de Morella la Vella durante la quema, en diferentes termopares colocados en enebros, a 3 cm del suelo (en verde) y en la superficie del suelo (en marrón). Los datos de temperatura se registraban cada 2 segundos. En la figuras de las temperaturas (arriba), los puntos indican el máximo (punto superior), y los percentiles 99, 95, y 90 (el punto inferior). En las figuras de los tiempos de residencia (abajo) se indica el tiempo (minutos) a >50°C (símbolo superior), >100°C, >300°C y >500°C (símbolo inferior).

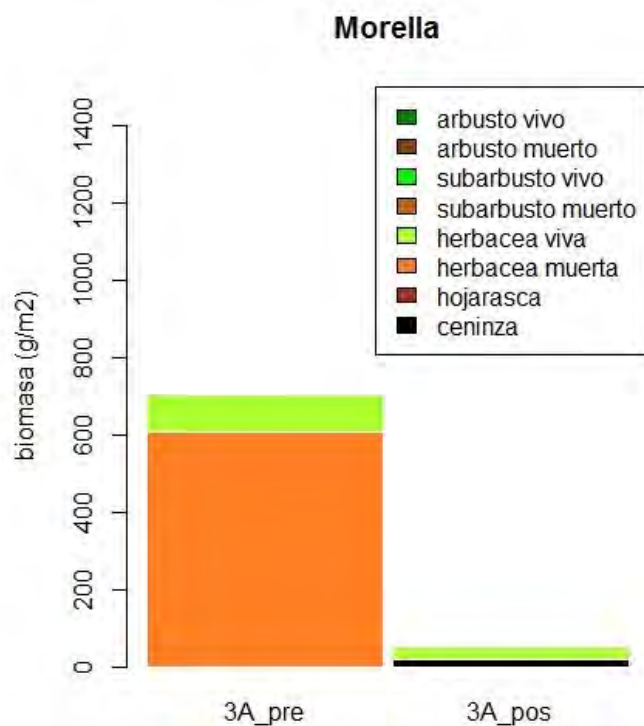
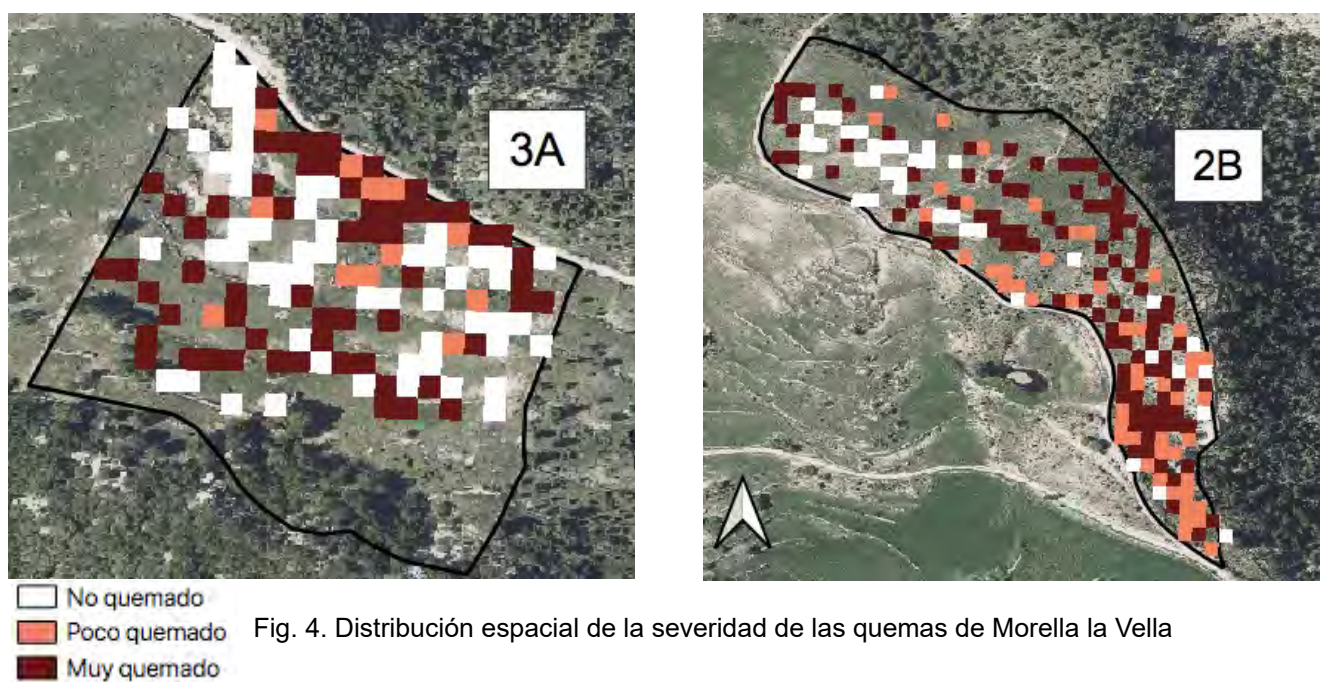


Fig. 5. Biomasa en la parcela 3A antes y después de la quema. En naranja se representa la biomasa herbácea seca, en verde la biomasa herbácea verde.



Fig 6. Diversidad de orquídeas observadas 6 meses tras quema (parcela 3A).



Fig. 7. Rebrotos de enebro (*Juniperus oxycedrus*) 2 meses tras la quema (parcela 2B).



Fig. 8. Parcela 2B (quemada en marzo) algunos días después de la quema (izquierda) y 2 meses tras la quema (derecha).

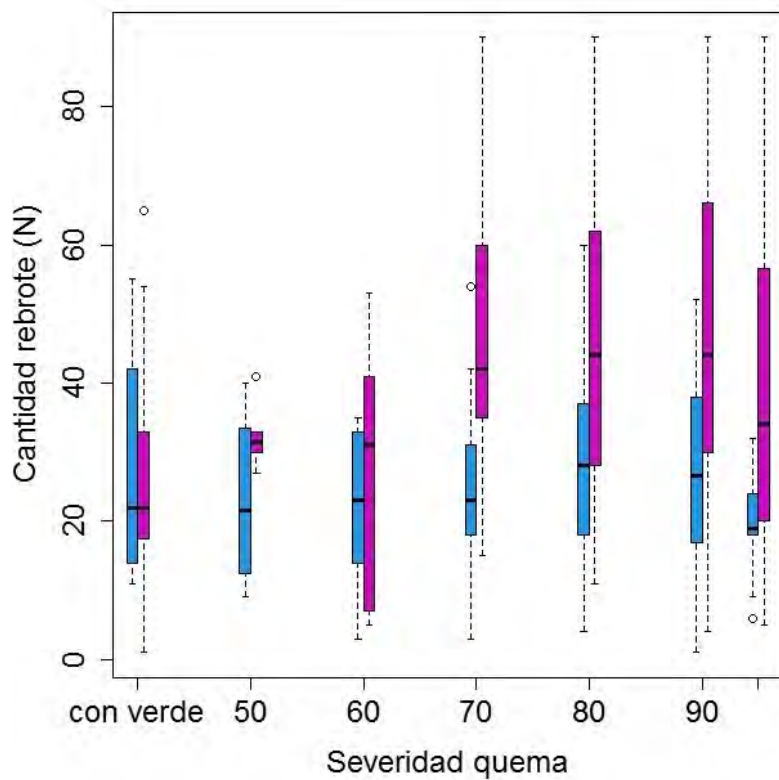


Fig. 9. Número de rebrotes en la parcela 3A (en azul; quema de otoño) y en la parcela 2B (en rosa; quema de primavera), en relación al grado de afectación de la copa por la quema (severidad). Las diferencias en rebrote entre las dos quemadas se da principalmente en individuos con elevado grado de afectación en la copa.

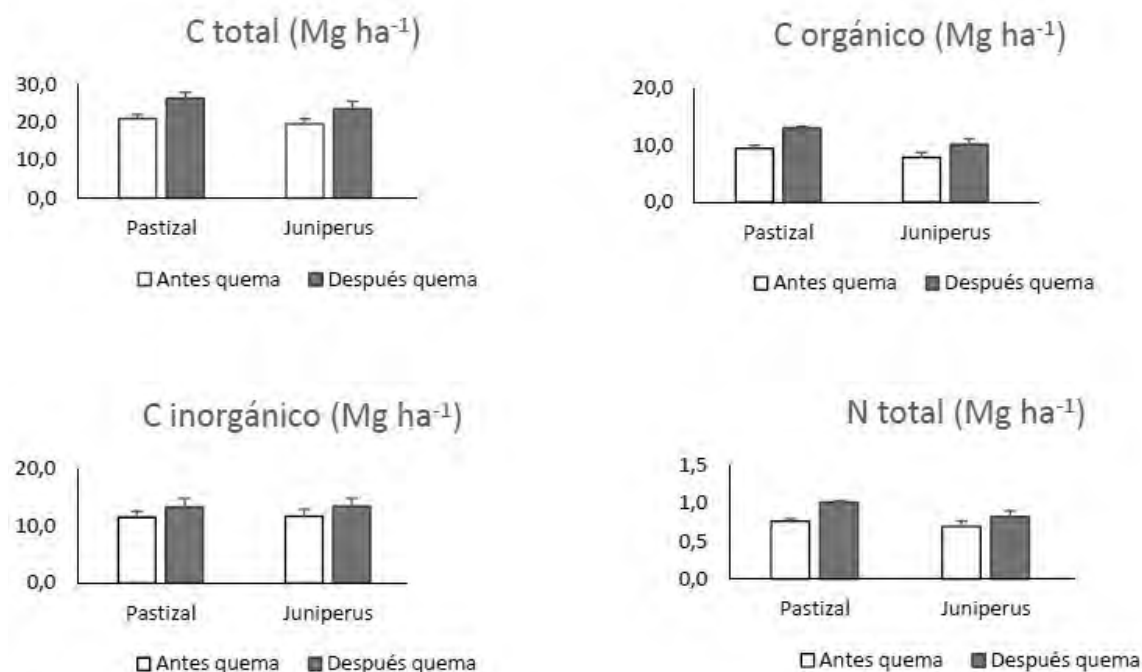


Fig. 10. Cantidad de C total, C orgánico, C inorgánico y N total en el suelo (0-3 cm) de la parcela 3A en Morella la Vella, antes y después de la quema.

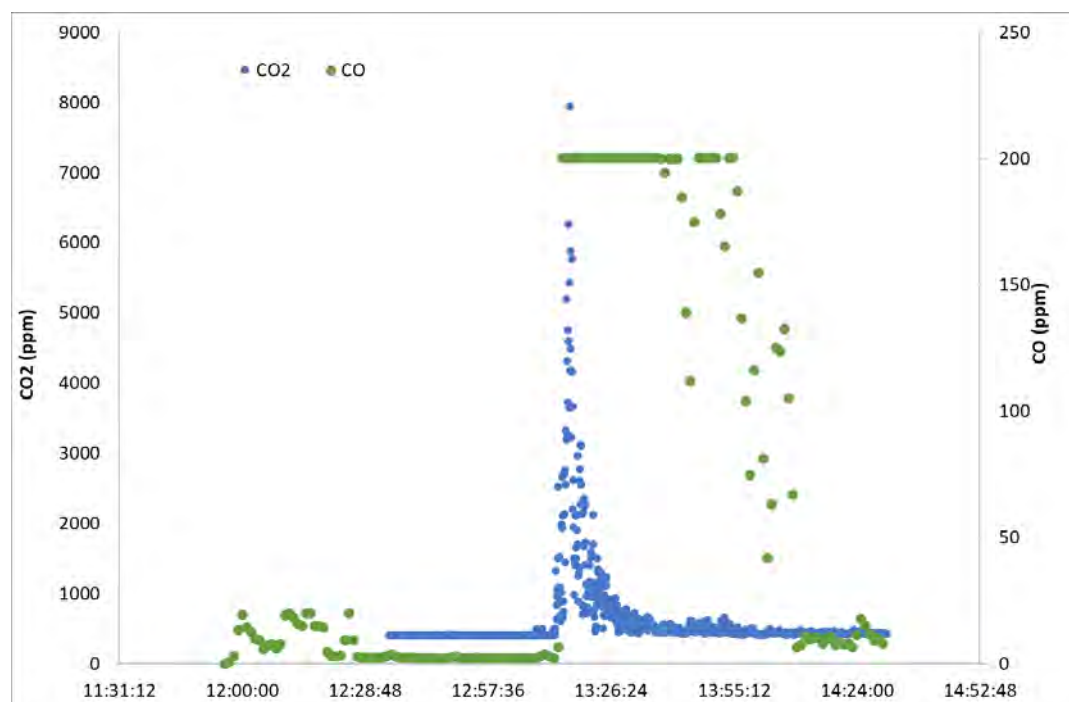


Fig. 11. Evolución del CO₂ (azul, eje izquierdo) y del CO (verde, eje derecho) durante la quema de la parcela 2B de Morella la Vella.

CASTELL DE CASTELLS

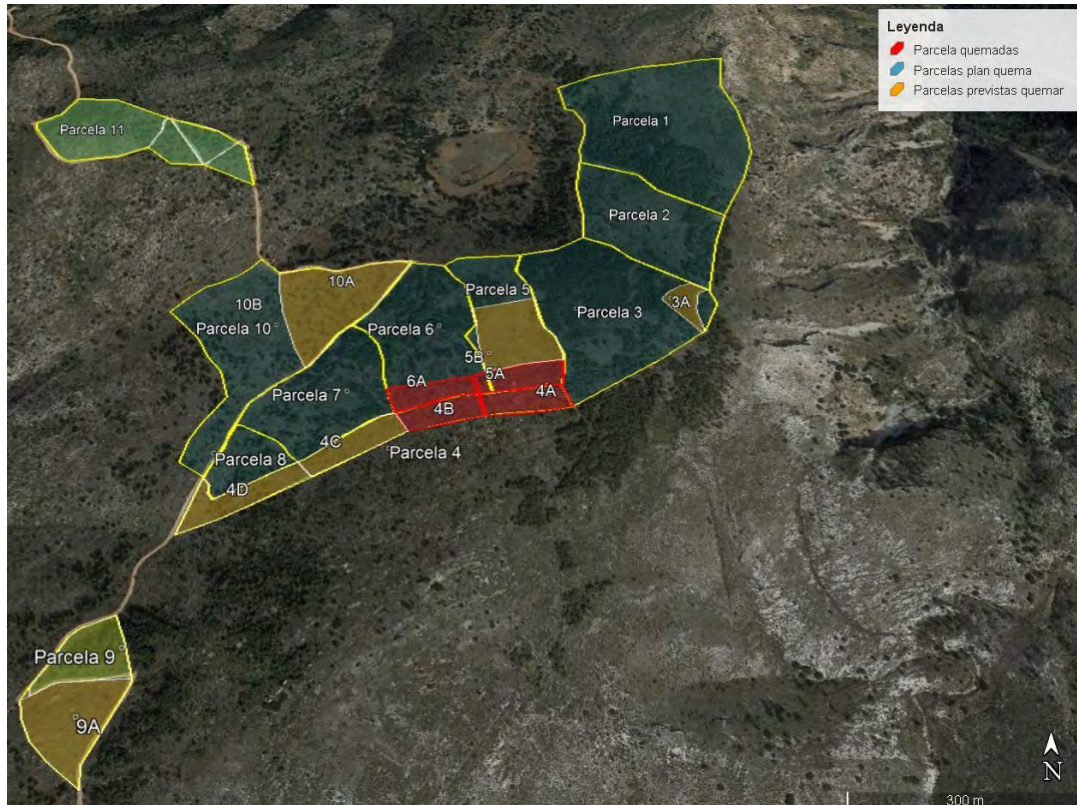


Fig. 12. Mapa del plan de quemas de Castell de Castells con las parcelas quemadas hasta la fecha en rojo (4A, 4B, 6A, 5A).

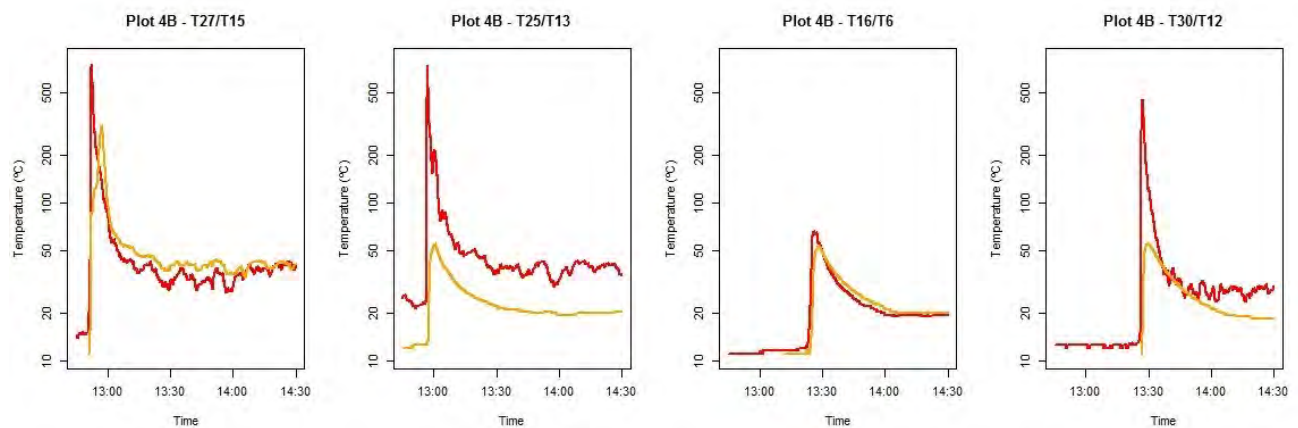


Fig. 13. Ejemplos de la evolución de la temperatura en 4 puntos de la parcela 4B a nivel del suelo (naranja) y de planta (rojo).

Anexo II – Figuras

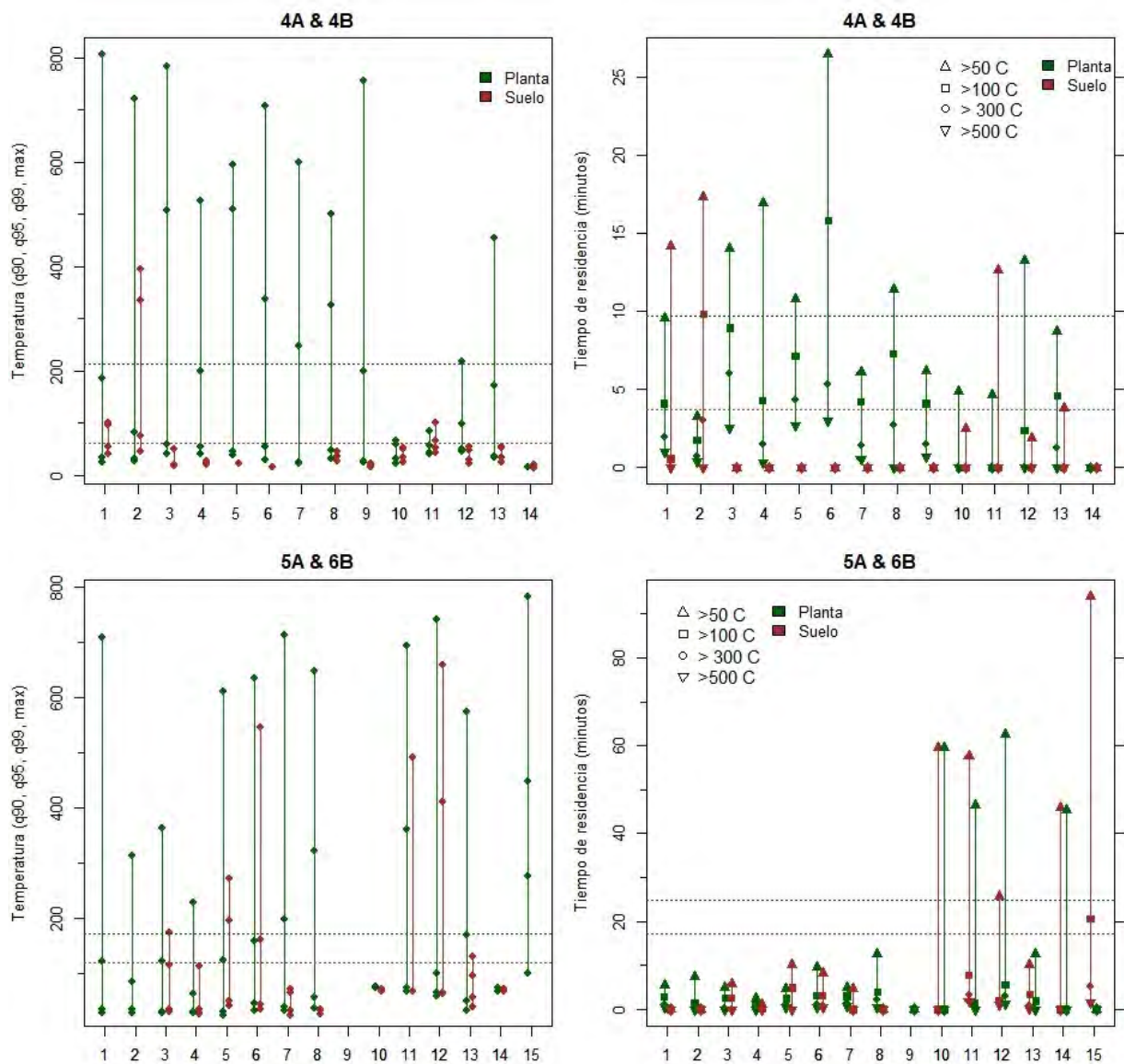


Fig. 14. Resumen de las temperaturas alcanzadas (izquierda) y tiempos de residencia (derecha) durante la quema en 14 puntos de las parcelas 4A4B (arriba) y 5A6A (abajo), en la superficie del suelo (en color marrón) y en plantas (10 cm; en verde). En las figuras de las temperaturas (izquierda), los puntos indican el máximo (punto superior), y los percentiles 99, 95, y 90 (el punto inferior); las líneas horizontales el promedio del 99 percentil en planta (verde) y suelo (marrón). En las figuras de los tiempos de residencia (derecha) se indica el tiempo (minutos) a >50°C (símbolo superior), >100°C, >300°C y > 500°C (símbolo inferior); las líneas horizontales indican el tiempo de residencia promedio a > 50 grados en planta y suelos. Los datos de temperatura se registraban cada segundo durante toda la quema. Los máximos observados llegan a unos 800°C en planta y a 660 en suelo, pero son muy puntuales. Los tiempos de residencia promedios en planta fueron de 25 minutos a >50°C, 5 min a >100°C, y 2 min a >300°C, 1 minuto; estos mismos valores para el suelo fueron, 17, 1.3, y 0.3 minutos, respectivamente).



Fig. 15. Distribución espacial de la severidad de las quemaduras en Castell de Castells



Fig. 16. Piñas abiertas que estaban en el suelo debido a que se había cortado ramaje antes de la quema, y que por el efecto del calor de la quema se han abierto. Castell de Castells, parcela 4A4B, 16-3-2021.



Fig. 17. Lagartija cenicienta (*Psammmodromus edwardsianus*) observada el mismo día de la quema, en la zona recién afectada por esta. Parcela 5A6B, 25-3-2021.

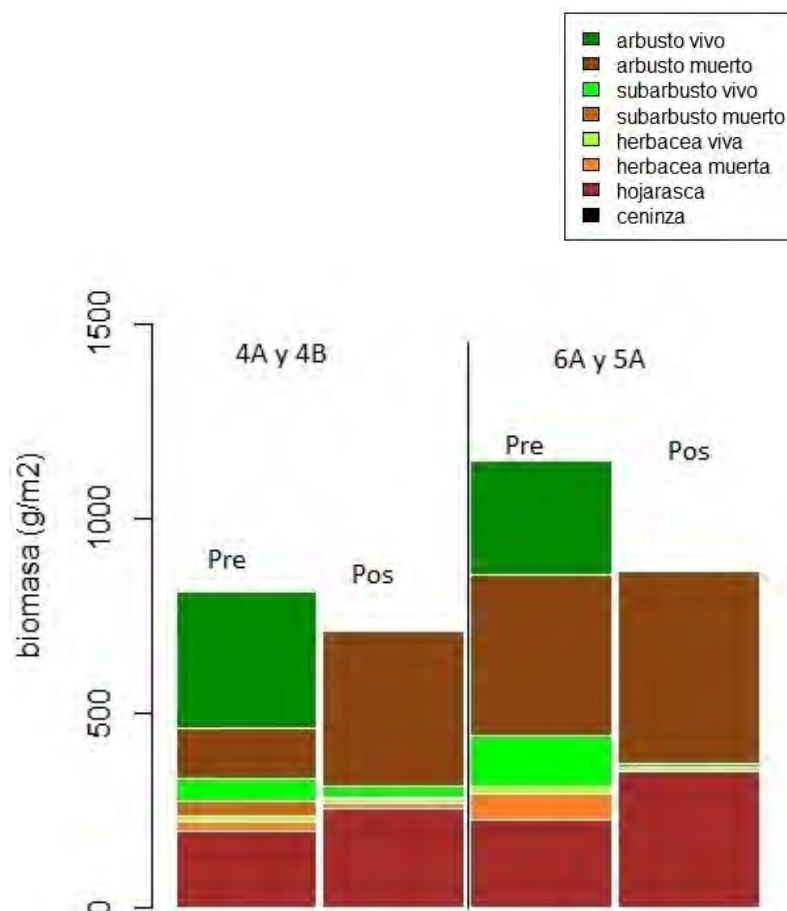


Fig. 18. Muestras de biomasa prequema (arriba), separación de la biomasa prequema en laboratorio (centro), y recogida de muestras posquema (abajo).

Fig. 19. Biomasa (g/m^2) en las parcelas 4A-4B y 6A-5A antes y después de la quema (pre y pos), separada por sus distintas componentes (diferentes colores).

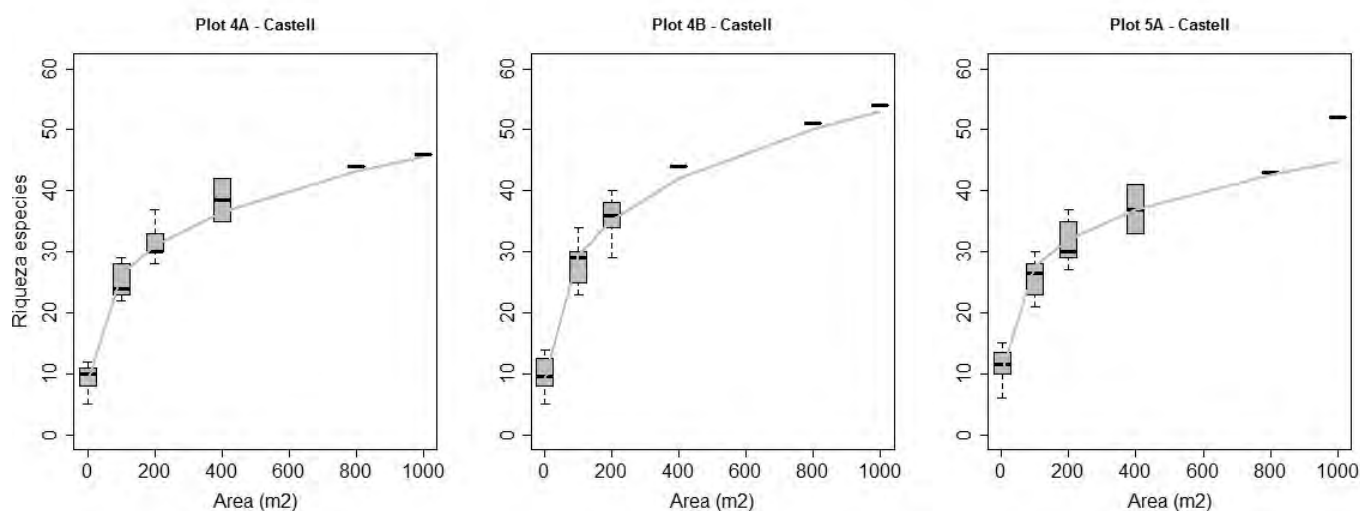


Fig. 20. Número de especies de plantas antes de la quema y a diferentes escalas espaciales, en 3 de las parcelas quemadas (la parcela 6A no se ha evaluado por ser muy pequeña y muy similar a las demás). En la próxima primavera se evaluará el número de especies tras la quema.



Fig. 21. Regeneración por germinación 2 meses tras quema (mayo, Castell de Castells). Arriba: 1: *Helianthemum* cf. *apenninum*, *Argyrobium zanonii*, *Ononis minutissima*, *Ulex parviflorus*, 2: Cistáceas, 3. *Teucrium chamaedrys*; abajo: 4: *Sanguisorba minor*, 5: *Ulex parviflorus* y *Ononis minutissima*, 6: *Helianthemum* cf. *marifolium*



Fig. 22. Regeneración por rebrote 2 meses tras quema (mayo, Castell). Arriba: 1. *Phlomis lychnitis*, 2. *Teucrium homotrichum*, 3. *Teucrium pseudochamaepitys* y *Teucrium chamaedrys*; Abajo. 4. *Thymus vulgaris*, 5: *Rubia peregrina*, 6: *Rhamnus alaternus*.



Fig. 23. Jara blanca (*Cistus albidus*; estepa blanca) rebrotando 2 meses después de la quema.



Fig. 24. Vista de la parcela 4A-4B 2.5 meses después de la quema. Se observa abundante *Thapsia villosa* en flor.

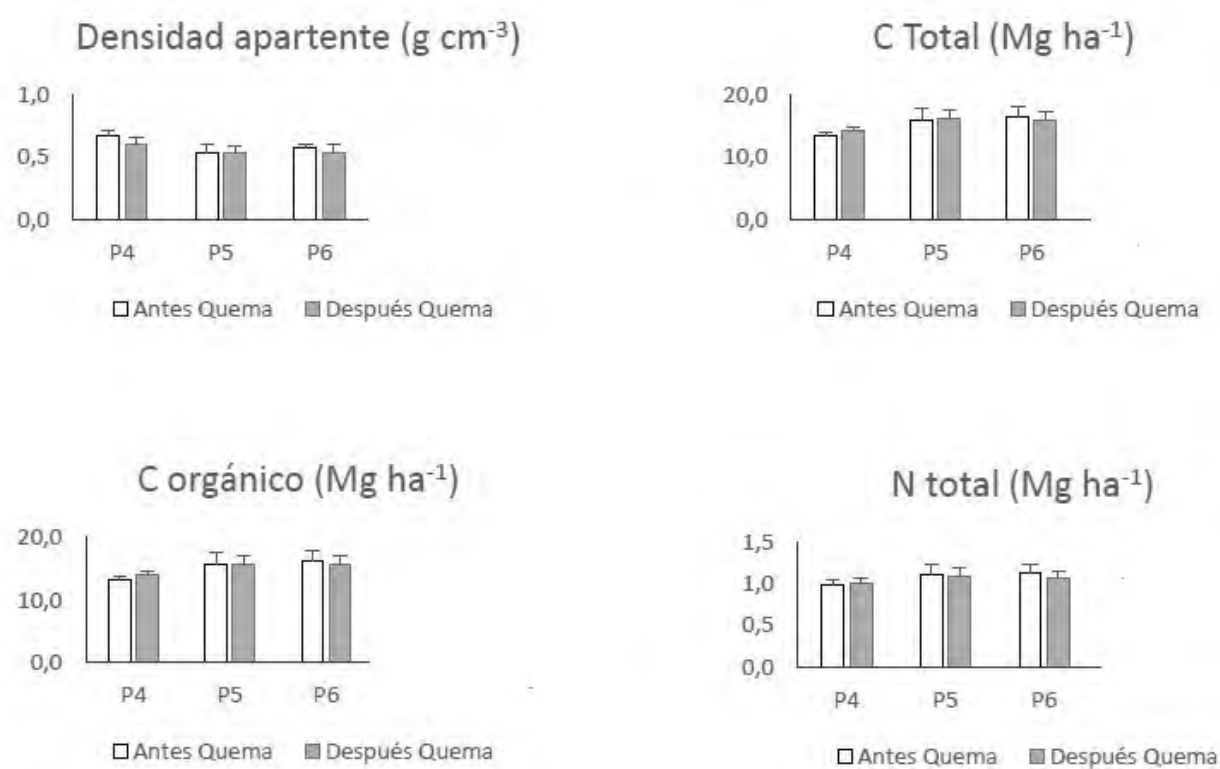


Fig. 25. Densidad aparente y cantidad de C total, C orgánico y N total en el suelo en las parcelas 4A-4B (P4), 5A (P5), y 6B (P6) de Castell de Castells antes (blanco) y después (gris) de la quema. Se observan variaciones muy menores.