



8º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

La **Ciencia forestal** y su contribución a
los **Objetivos de Desarrollo Sostenible**



8CFE

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales

Cataluña | Catalunya - 27 junio | juny - 1 julio | juliol 2022

ISBN 978-84-941695-6-4

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Organiza



Análisis geoambiental del gran temporal de viento que afectó gravemente las masas forestales de Mallorca en 2001

ESTRANY, J.^{1,2}, SANTANA, J.³, FEBRER, M.^{1,2}, COMPANY, J.^{1,2}, GARCÍA-COMENDADOR, J.^{1,2}, FORTESA, J.^{1,2}, TOMÀS-BURGUERA, M.⁴, BARCELÓ, A.³, FEUERBACH, A.³, SORIANO, M.³, LANDA, I.³, VIDAL, M.³, DE LUIS, M.⁵, CALVO-CASES, A.⁶, RUIZ-PÉREZ, M.^{1,2}

¹ Mediterranean Ecogeomorphological and Hydrological Connectivity Research Team (<http://medhycon.uib.cat>), Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa km 7.5, 07122 Palma, Illes Balears, España.

² Institute of Agro-Environmental and Water Economy Research –INAGEA (<http://inagea.com>), Universitat de les Illes Balears, Carretera de Valldemossa km 7.5, 07122, Palma, Illes Balears, España.

³ Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl (<http://forestal.caib.es>), Conselleria de Medi Ambient i Territori, Govern de les Illes Balears, Carrer Gremi Corredors, 10, 1, 07009 Palma, Illes Balears, España.

⁴ CNRM – Université de Toulouse, Météo-France/CNRS 42 av. G. Coriolis, 31057 Toulouse.

⁵ Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza, C/Pedro Cerbuna, 12 -50009, Zaragoza, Aragón, España.

⁶ Institut Interuniversitari pel Desenvolupament Local (IIDL) Departament de Geografia, Universitat de València, Avgda. Blasco Ibáñez 28, 46010, València, Comunitat Valenciana, España.

Resumen

Los días 10 y 11 de noviembre de 2001, un profundo ciclón mediterráneo generó un temporal de viento y lluvia afectando a toda la Cuenca del Mediterráneo Occidental causando daños incuantificables tanto en infraestructuras como en la masa forestal, pudiéndose calificar como uno de los temporales más devastadores e intensos. En las Islas Baleares causó la muerte de 4 personas, generando un gran impacto socioeconómico y modificó substancialmente el paisaje forestal arbolado de la isla de Mallorca; unos impactos que, 20 años después, todavía son patentes. Desde entonces, a lo largo de este período, diversos fenómenos meteorológicos adversos (FMA) han sido recurrentes en las Islas Baleares, afectando con mayor o menor severidad a los hábitats forestales. A través de la descripción meteorológica y un análisis ecológico utilizando técnicas de teledetección, el presente estudio analiza el impacto del más devastador FMA que ha afectado durante el siglo XXI a los hábitats forestales insulares. Además, analiza las actuaciones de restauración forestal llevadas a cabo por la Administración Pública y propietarios afectados, con el fin de evaluar la idoneidad de las técnicas empleadas y el estado actual que presentan dichas masas forestales.

Palabras clave

Fenómenos meteorológicos adversos, teledetección, restauración forestal.

1. Introducción

Una perturbación natural se define por la limitación que los factores externos efectúan sobre la biomasa vegetal, desencadenando su destrucción parcial o total. En los bosques boreales y mediterráneos la principal perturbación es el fuego, mientras que en los bosques centroeuropeos los temporales de viento son más frecuentes (Hanewinkel et al., 2011). Sin embargo, los temporales de viento, lluvia y nieve también se producen con frecuencia en ambientes mediterráneos (ocurrencia 1-7 años; Piserra & del Río, 1994). Por tanto, las fuerzas externas perturban los ecosistemas causando variaciones en procesos ecogeomorfológicos como la escorrentía, la erosión y la distribución de la vegetación. La dinámica de la alteración en el estado de los ecosistemas viene determinada por las modificaciones en el tipo y la intensidad de las retroalimentaciones bióticas y abióticas después de un cambio en las fuerzas externas (Turnbull et al., 2012). En un contexto de cambio global, si la

intensidad de estas fuerzas externas supera la resiliencia de un ecosistema, puede provocar una degradación irreversible.

Los temporales de viento son una de las perturbaciones naturales que acaban condicionando la dinámica de los ecosistemas forestales naturales, aunque simultáneamente estimulan los procesos de regeneración y adaptación. En episodios de tormenta de mayor magnitud, se pueden causar problemas considerables, provocando grandes alteraciones en las masas forestales, hecho por el cual son calificados como temporales destructivos (Gardiner et al., 2010). Este tipo de temporales se están intensificando a escala mundial y continental, con la previsión de que esta tendencia continúe intensificándose debido al calentamiento global (Seidl et al., 2011, 2017) impactando negativamente sobre las actividades económicas y sobre los servicios ecosistémicos que proporcionan los bosques tales como la mitigación del cambio climático o la protección del suelo contra la erosión (Senf & Seidl, 2021).

La Cuenca Mediterránea es una región caracterizada por una alta variabilidad climática (Lionello et al., 2014) en la que se ha evidenciado un aumento de las precipitaciones extremas asociadas a tormentas cada vez más intensas y concentradas en intervalos de tiempo más cortos (González & Bech, 2017; Olcina Cantos, 2017). Además, se prevé que las tormentas de viento de mayor intensidad y características extremas se produzcan de forma más recurrente (González-Alemán et al., 2019; IPCC, 2021). Desde mediados del siglo XX, la superficie forestal en Europa se ha incrementado notablemente debido al abandono de la agricultura en tierras marginales. Se estima que, durante el período 1950-2000, la superficie forestal en Europa Occidental aumentó prácticamente en un 30% (Gold et al., 2006). En la Europa Mediterránea, las masas forestales están dominadas por pinos. Concretamente, la especie más común es el pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.), representando en muchos ambientes la única especie arbórea con capacidad para desarrollar bosques maduros (Peñuelas & Boada, 2003). El problema de las masas forestales de pinar es la vulnerabilidad que presentan sus estructuras frente a los daños causados por temporales destructivos, contando también que la topografía y las condiciones de humedad del suelo pueden incrementar dicha vulnerabilidad.

2. Objetivos

Aunque existen revisiones detalladas de los efectos de los temporales sobre las masas forestales y su recuperación post-perturbación en bosques boreales, templados y tropicales (Mitchell, 2013; Ulanova, 2000), los impactos de los temporales sobre las masas forestales en regiones mediterráneas prácticamente no han sido estudiados. Por tanto, abordar este vacío de conocimiento es clave para determinar la resiliencia de las masas forestales mediterráneas, cuya productividad se basa principalmente en la escasez de agua (Gazol et al., 2018), siendo vulnerables a los efectos combinados de sequías y temporales destructivos. Por tanto, en esta comunicación se analiza el impacto del principal FMA que ha afectado durante el siglo XXI (2001) a los hábitats forestales de Mallorca, mediante descripción meteorológica y análisis ecológico con teledetección. Además, analiza las actuaciones de restauración forestal llevadas a cabo por la Administración Pública y propietarios afectados, con el fin de evaluar la idoneidad de las técnicas empleadas y el estado actual que presentan dichas masas forestales.

3. Metodología

Se analizará de forma detallada ecológica, económica y socialmente así como la gestión post-temporal realizada por las Administraciones Públicas y la iniciativa privada. Aunque durante el siglo XXI han tenido lugar otros temporales de viento que son perfectamente calificables como fenómenos meteorológicos adversos, sólo será tratado el que ha provocado impactos más severos en las masas

forestales de Baleares. Se trata del ciclón mediterráneo en Mallorca, noviembre de 2001. Comprende toda la isla de Mallorca, pero en especial las comarcas de Llevant, Pla y Migjorn.

Este episodio ha sido objeto de un análisis específico para seleccionar el tipo de imagen (satélite) que mejor se adapta al objetivo principal de detectar los cambios en la masa vegetal. A pesar de que actualmente se cuenta con un amplio elenco de plataformas satelitales, para este episodio de 2001 sólo se ha podido trabajar con la serie Landsat: Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+. Ambos sensores, lanzados en 1984 y 1999, respectivamente, ofrecen una resolución espacial de hasta 30 metros en las bandas visible e infrarroja y de 60 metros en el canal térmico. El tratamiento de los datos se ha realizado con la herramienta Google Earth Engine. Se trata de una plataforma que permite el acceso a los datos de una gran cantidad de sensores multiespectrales como Landsat o Sentinel, entre otros, y también permite el análisis y procesamiento de la información. Para la cuantificación del desarrollo de las coberturas forestales, se ha usado el índice de vegetación de diferencia normalizada, conocido como NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), propuesto inicialmente por Rouse et al. (1974).

Para evaluar los efectos ecológicos, económicos y sociales de las zonas afectadas del temporal se analizaron informes técnicos y los planes de restauración elaborados por el Servicio Balear de Gestión Forestal. Además, se analizó espacialmente la afectación de los valores ecológicos y paisajísticos mediante sistemas de información geográfica superponiendo las áreas afectadas del temporal que cuentan con distintas figuras de protección del medio y evaluación de la cobertura vegetal de las zonas afectadas por el temporal.

De los planes de restauración se ha extraído el tipo de gestión (biomasa, repoblaciones, fajas de restauración hidrológico-forestal) que se ha llevado a cabo después de los temporales y cómo ésta puede afectar al medio. Se ha realizado un cálculo de coste por hectárea del temporal a partir de las hectáreas en las que se han llevado a cabo actuaciones y la inversión total de los planes de restauración.

4. Resultados

Se trata de un ciclón mediterráneo profundo que afectó Baleares los días 10 y 11 de noviembre de 2001, dejando un temporal combinado de lluvia y viento, además de temporal marítimo muy severo. Además de los impactos y desperfectos, que fueron muy numerosos, en Baleares provocó 4 muertes, pero la región más afectada fue Argelia, donde murieron cerca de 700 personas por las inundaciones que se produjeron (Llasat et al. 2010).

Descripción meteorológica

Este temporal, de lluvias torrenciales persistentes y vientos huracanados, afectó prácticamente a la totalidad de la isla de Mallorca y especialmente fueron gravemente afectados los municipios de las comarcas de Llevant y el Pla, así como algunas zonas de la comarca del Migjorn o la Bahía de Alcúdia. El resto de islas fueron afectadas de forma menor. Según Genovés et al. (2006) se trata del ciclón mediterráneo más intenso sufrido en Baleares desde 1979, año en el que se produjo en diciembre un ciclón mediterráneo muy similar al de 2001, pero con menor impacto. Esta recurrencia, junto con el paso de ciclones como Gloria en 2020 evidencia que los ciclones mediterráneos de alto impacto forman parte del clima de las Islas Baleares. La velocidad sostenida del viento superó los 100 km h⁻¹ y se midieron rachas superiores a los 150 km h⁻¹. Algunos observatorios de la Serra de Tramuntana superaron los 300 mm de precipitación acumulada en estos dos días, añadiendo que los registros fueron superiores a los 700 mm en tan sólo una semana.

Magnitud, alcance y evolución de la cubierta vegetal

Se ha realizado una estimación del área forestal afectada a partir de la pérdida, al menos, de un 0,1 en valores NDVI en áreas forestales. De este modo, se ha calculado un área aproximada de unas 12.849 hectáreas afectadas significativamente. Sin embargo, según datos extraoficiales, se consideraron afectadas cerca de 10.000 hectáreas en mayor o menor grado. Esta diferencia se debe a que las áreas afectadas levemente no fueron reportadas por los propietarios y, por tanto, no fueron incluidas como pérdidas significativas.

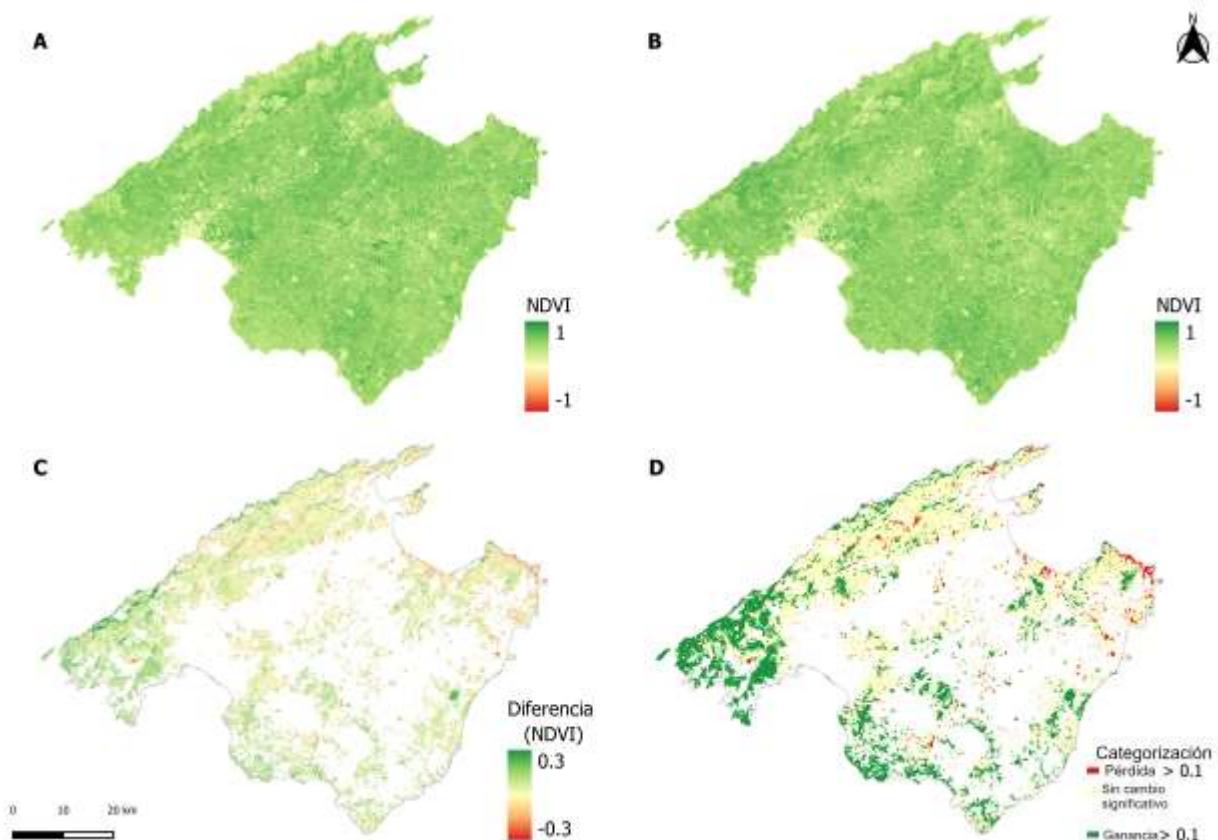


Figura 1. (a) Valores NDVI para la composición de Noviembre de 2000 a Marzo de 2001. (b) Valores NDVI para la composición de Noviembre de 2002 a Marzo de 2003. (c) Diferencia en valores NDVI entre la composición pre-perturbación y postperturbación para las áreas forestales definidas por el inventario Forestal Nacional. (d) Categorización de las diferencias NDVI aplicando un filtro de mayoría para kernel de 5x5: pérdida superior a 0,1, cambios no significativos y ganancia superior a 0,1 para las áreas forestales.

En cuanto a la evolución de los valores NDVI después de la perturbación, unos dos años después del suceso, se observa una recuperación importante, manteniéndose un incremento de valores NDVI hasta el final de la serie. Sin embargo, la recuperación de valores pre-perturbación no es sinónimo de recuperación de la masa forestal previa. En la mayoría de estas zonas, todavía hoy en día, no ha habido una recuperación de la masa forestal, tan sólo el crecimiento de una masa arbustiva densa que puede llegar a tener valores espectrales cercanos a lo que ofrecen las áreas cubiertas por *Pinus halepensis* en el infrarrojo cercano.

Además de las consecuencias trágicas por la muerte de 4 personas en Mallorca y decenas de heridos, el impacto socioeconómico del temporal fue muy grande y la estimación de sus daños fueron millonarios. Se vieron afectadas de manera grave y por acción directa del mismo, las infraestructuras viarias (29 carreteras cortadas), puertos, viviendas, industrias, tendidos eléctricos y de comunicación, etc. Se calcula que unas 175.000 personas quedaron sin suministro eléctrico y la población quedó

aislada por el corte de carreteras y la suspensión de las conexiones marítimas. Las actividades escolares se suspendieron durante toda la semana.

Los daños sobre la masa forestal como consecuencia del ciclón fueron básicamente la caída y rotura de árboles, mayoritariamente pinos (*Pinus halepensis*), aunque también se vieron afectados otros tales como encinas (*Quercus ilex*) y acebuches (*Olea europaea var sylvestris*), muchos de ellos como consecuencia de la caída de pinos de gran tamaño. El suelo forestal, completamente saturado después de los días de lluvia menguaba la resistencia de anclaje de las raíces del arbolado forestal, motivo que explica que la mayoría de los árboles cayesen y quedaran totalmente desenraizados por la fuerza del vendaval, levantando todas las raíces en la mayoría de casos. Algunos árboles se rompieron por la fuerza directa del viento, dejando los troncos de pie, aunque el porcentaje de estos árboles era mucho menor que los completamente desenraizados. Por otro lado, muchos de los árboles que tuvieron la suerte de poder soportar la fuerza del viento, se vieron afectados por la rotura de sus cimas y ramas.

Actuaciones de gestión post-perturbación

La respuesta de gestión ambiental de la Administración a este fenómeno destructivo fue inmediata, aunque la magnitud y el alcance de los daños colapsaron la capacidad para atender la situación de emergencia. Las actuaciones que se llevaron a cabo por parte de la Administración forestal pueden diferenciarse entre la fase de emergencia de los días posteriores al fenómeno y la fase de restauración de las masas forestales afectadas que se ejecutaron durante los cuatro años siguientes.

Una de las tareas inmediatas por parte de la Administración forestal fue la de intentar calcular los daños del ciclón, especialmente la cuantificación del número de árboles caídos y dañados con el fin de dimensionar las tareas de restauración. Era importante determinar los árboles que se encontraban en lugares de intervención urgente y prioritaria, es decir, los que dificultaban o imposibilitaban el tráfico o cortaban tendidos eléctricos o de comunicación, y cuáles se encontraban en los espacios forestales donde haría falta realizar tareas de restauración. Las estimaciones del alcance de los daños iban variando a medida que se iba obteniendo información a partir de las prospecciones de campo, de los vuelos de reconocimiento en helicóptero y de la información que proporcionaban los propietarios a través de sus declaraciones de daños. Hay que matizar que muchos propietarios forestales no declararon los daños que sufrieron o lo declararon más tarde, por lo que durante mucho tiempo se fue trabajando con datos estimados.

Las actuaciones de emergencia se centraron en restablecer las infraestructuras básicas de electricidad y telecomunicaciones, recuperar carreteras, caminos y viales para permitir el tráfico de los vecindarios. Cabe destacar el papel de los Ayuntamientos más afectados que se centraron en los daños ocasionados en sus respectivos núcleos urbanos, mientras que la administración autonómica se centró en los lugares de interés general.

En un primer momento se mantuvo un dispositivo de vigilancia formado por agentes de medio ambiente y técnicos forestales de la Conselleria de Medi Ambient, además de todos los servicios de Protección Civil, Bomberos de Palma y Bomberos de los Consells Insulaires, Guardia Civil y Policía Local, y especialmente del Institut Balear de la Naturalesa -IBANAT.

A medida que se iban evaluando los daños sobre la masa forestal, se fue dimensionando la respuesta de la administración. Algunas de las actuaciones que se hicieron en primera instancia fueron:

- Nueva vía de comunicación directa con los afectados que permitía centralizar y atender las llamadas de los afectados, donde podían reportar los daños y de donde se recogía y clasificaba toda la información.

- Convocatoria de reuniones informativas en los ayuntamientos de los pueblos más afectados.
- Elaboración de impresos y modelos para la recogida estandarizada de información de los daños por parte de los propietarios, estableciendo puntos de recogida previamente estipulados y de proximidad (Ayuntamiento y Consejerías).
- Elaboración de un Plan de restauración del temporal para poder adoptar con rapidez y eficacia las medidas excepcionales necesarias para la gestión de la emergencia, así como para facilitar la coordinación de las diferentes administraciones (Conselleria de Medi Ambient, Ayuntamientos, Consells Insulares) y particulares.
- Creación y movilización de 17 brigadas forestales de la Conselleria de Medi Ambient, a través del IBANAT, formadas por más de 100 personas entre capataces, motoserristas especialistas y peones para la retirada de material forestal de las vías de comunicación y torrentes.
- La activación del personal operativo y material de la empresa pública Tragsa, como medio propio de la Administración, que multiplicó significativamente su capacidad de intervención.

5. Discusión

El temporal de viento de noviembre de 2001, por la magnitud de los daños que generó en especial en los bosques de Mallorca, y por su alcance geográfico, lo configuró un temporal sin precedentes recientes, con una fuerza destructiva muy importante. En este estudio se ha desarrollado una metodología para el reconocimiento de áreas afectadas por temporales de viento que permite identificar las áreas de afección de forma rápida mediante teledetección.

Esta circunstancia hizo que fuera necesario por parte de la Administración Forestal de la Comunidad Autónoma dar una respuesta extraordinaria por la que no estaba dimensionada ni tenía los recursos suficientes. El alud de peticiones y de solicitudes de ayuda por parte de los afectados fue tan importante que, con los medios públicos disponibles en ese momento, fue imprescindible incrementar los medios humanos y materiales de que disponía la Administración. A medida que se iba recibiendo información del alcance de los daños, fue necesario adoptar y contratar a más personal técnico y de intervención, además de maquinaria forestal específica.

La contratación de personal forestal específico, la compra de nueva maquinaria forestal y la contratación de empresas forestales para poder llevar a cabo los trabajos de restauración que desarrolló la Administración forestal de la Comunidad Autónoma de las Illes Balears -CAIB fue tan importante que no ha habido precedentes en la historia de la Administración forestal pública de las Islas Baleares ninguna situación parecida. Este hecho, sirvió para consolidar los medios (tanto humanos como materiales) de la Administración forestal de la CAIB (del IBANAT, del Servicio de Gestión Forestal y de Tragsa), convirtiéndose en un verdadero punto de inflexión en la capacidad operativa de la gestión forestal pública. Una consolidación que perdura a día de hoy, en especial en lo que respecta al IBANAT y al Servicio de Gestión Forestal. El temporal de 2001 supuso una oportunidad para consolidar puestos de trabajo en los servicios forestales de la administración autonómica. Muchos de ellos han perdurado hasta la fecha, tanto en el personal especializado del IBANAT reforzando su plantilla de técnicos y brigadas forestales, así como redimensionando la estructura del Servicio de Gestión Forestal. Además, la adquisición de nueva maquinaria por parte del IBANAT con el fin de hacer frente a las tareas de restauración del temporal, tales como tractores, biotrituradoras, camiones para el transporte de troncos, etc, supuso un incremento y modernización de la flota de vehículos nunca vista. La inmensa mayoría de esta maquinaria forma parte del catálogo de medios y recursos que IBANAT dispone a día de hoy, y se utilizan habitualmente para atender los trabajos ordinarios y extraordinarios que la entidad desarrolla: trabajos de gestión en fincas públicas, infraestructuras de prevención de incendios forestales, restauración de áreas degradadas, etc.

Asimismo, el sector forestal existente entonces en las islas Baleares carecía de los medios ni la estructura necesaria para hacer frente al volumen de árboles a procesar y poner en circulación en el mercado local de la madera. Fue un motivo más por el que la Administración forestal tuvo que asumir parte de la gestión con las ayudas de recursos a los propietarios por una parte y en la venta de la madera mediante subasta por otra. Era tal la saturación del mercado local de madera, que no había interés por parte de los aserraderos por la madera resultado de los trabajos, por lo que los propietarios debían pagar por el servicio, sin recibir nada a cambio por la venta del producto. Por este mismo motivo, al no disponer de una cadena de valor de los productos forestales en las islas, de aserraderos o de aprovechamiento de biomasa para el uso energético, la biomasa resultado de los trabajos de restauración, o bien terminó triturada y abandonada en las mismas fincas afectadas (como abono orgánico para mejorar la estructura y fertilidad del suelo), o bien se exportó a la península por la empresa que la adquirió a través de la subasta.

6. Conclusiones

El gran alcance geográfico del ciclón afectando a gran número de municipios y propietarios y provocando un gran destrozo a las masas forestales, sentó un precedente desde un punto de vista de gestión forestal. Es por ello imprescindible organizar y estructurar bien la información del alcance y magnitud de los daños ocasionados para poder dimensionar bien la respuesta que debe hacerse para garantizar la restauración. Cabe recordar que los recursos tecnológicos de que se disponían hace 20 años, eran muy distintos a los que tenemos en la actualidad. Las imágenes de satélite casi en tiempo real de las que disponemos hoy en día, hubieran ayudado mucho en noviembre de 2001.

Por otra parte, es imprescindible que el sector forestal público y privado sea considerado estratégico para atender este tipo de fenómenos, y la Administración pública esté dimensionada con los recursos suficientes y preparados. Tener preestablecidos los procedimientos y protocolos de intervención después de un desastre de estas características, permite una respuesta más eficiente. Esto implica conocer bien los trámites administrativos, tener entrenada la coordinación interdepartamental y sobre todo tener los medios propios de intervención especializados y formados.

En estas situaciones es cuando más necesario un sector forestal estructurado y preparado, con capacidad de respuesta para procesar y poner en el mercado la biomasa resultante de estos fenómenos. Es imprescindible tratar al sector forestal de estratégico en la gestión de estos eventos y, por ello, es importante que sea solvente y tenga capacidad para sacar rentabilidad económica a los productos forestales que se obtienen. Sólo así se podrá aprovechar la biomasa forestal como un recurso y no como restos que deben procesarse para evitar la proliferación de plagas o el incremento del riesgo de incendio forestal, ganando eficiencia en las medidas de restauración ambiental adoptadas.

7. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Servei de Gestió Forestal i Protecció del Sòl, Direcció General d'Espais Naturals i Biodiversitat, Conselleria de Medi Ambient i Territori del Govern de les Illes Balears. Además, ha contado con la financiación del Proyecto CGL2017-88200-R "Conectividad funcional hidro-sedimentaria en cuencas mediterráneas: escenarios de cambio global", Ministerio de Ciencia e Innovación, Agencia Estatal de Investigación (AEI), Gobierno de España. Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). Finalmente, por el Proyecto "InsoFlux: "Anàlisi espaciotemporal de l'afectació d'episodis extrems als recursos hídrics insulars", Comunitat Autónoma de les Illes Balears a través de la Direcció General de Política Universitària i Recerca con fondos procedentes de la Ley del Impuesto sobre Estancias Turísticas ITS 2017-006 (PRD2018/54).

8. Bibliografía

- GARDINER, B.; BLENNOW, K.; CARNUS, J.M.; FLEISCHER, P.; INGEMARSSON, F.; 2010. Destructive storms in European forests: past and forthcoming impacts. [Contract] 2010. ffhal02824530f
- GAZOL, A.; CAMARERO, J. J.; VICENTE-SERRANO, S. M.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; GUTIÉRREZ, E.; DE LUIS, M.; ...; GALVÁN, J.D.; 2018. Forest resilience to drought varies across biomes. *Global Change Biology*, 24(5), 2143-2158.
- GENOVÉS, A.; CAMPINS, J.; JANSÀ, A.; 2006. Intense storms in the Mediterranean: a first description from the ERA-40 perspective, *Adv. Geosci.*, 7, 163–168.
- GONZALEZ, S.; BECH, J.; 2017. Extreme point rainfall temporal scaling: a long term (1805–2014) regional and seasonal analysis in Spain. *International Journal of Climatology*, 37(15), 5068-5079.
- GONZÁLEZ-ALEMÁN, J.J.; PASCALE, S.; GUTIERREZ-FERNANDEZ, J.; MURAKAMI, H.; GAERTNER, M.A.; VECCHI, G.A.; 2019. Potential increase in hazard from Mediterranean hurricane activity with global warming. *Geophysical Research Letters*, 46(3), 1754-1764.
- GOLD, S.; KOROTKOV, A.; SASSE, V.; 2006. The development of European forest resources, 1950 to 2000. *Forest Policy and Economics*, 8(2), 183-192.
- HANEWINKEL, M.; HUMMEL, S.; ALBRECHT, A.; 2011. Assessing natural hazards in forestry for risk management: a review. *European Journal of Forest Research*, 130(3), 329-351.
- IPCC 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. En: MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S.L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M.I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J.B.R.; MAYCOCK, T.K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇİ, O.; YU, R.; ZHOU, B.; (eds.). Cambridge University Press. 1-41.
- LIONELLO, P.; ABRANTES, F.; GACIC, M.; PLANTON, S.; TRIGO, R.; ULRICH, U.; 2014. The climate of the Mediterranean region: research progress and climate change impacts. *Reg Environ Change* 14, 1679–1684.
- LLASAT, M.C.; LLASAT-BOTIJA, M.; PRAT, M.A.; PORCÚ, F.; PRICE, C.; MUGNAI, A.; LAGOUVARDOS, K.; KOTRONI, V.; KATSANOS, D.; MICHAELIDES, S.; YAIR, Y.; SAVVIDOU, K.; NICOLAIDES, K.; 2010. High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database, *Adv. Geosci.*, 23, 47–55.
- MITCHELL, S. J.; 2013. Wind as a natural disturbance agent in forests: a synthesis. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 86(2), 147-157.

OLCINA J. 2017. Incremento de episodios de inundación por lluvias de intensidad horaria en el sector central del litoral mediterráneo español: análisis de tendencias en Alicante. Sémata. *Ciencias Sociais e Humanidades*, 29, 143–163.

PEÑUELAS, J.; BOADA, M.; 2003. A global change-induced biome shift in the Montseny mountains (NE Spain). *Global Change Biology*, 9(2), 131-140.

PISERRA, M.T.; DEL RÍO, J.; 1994. Study of the strong winds phenomenon hazard in Spain. *Informes de la Construcción*, 45, 5-12.

ROUSE JW.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W.; 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *NASA special publication*, 351(1974), 309.

SEIDL, R.; SCHELHAAS, M.J.; LEXER, M.J.; 2011. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biology*, 17(9), 2842-2852.

SEIDL, R.; THOM, D.; KAUTZ, M.; MARTIN-BENITO, D.; PELTONIEMI, M.; VACCHIANO, G.; ... REYER, C.P.; 2017. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 7(6), 395-402.

SENF, C.; SEIDL, R.; 2021. Mapping the forest disturbance regimes of Europe. *Nature Sustainability*, 4(1), 63-70.

TURNBULL, L.; WILCOX, B.P.; BELNAP, J.; RAVI, S.; D'ODORICO, P.; CHILDERS, D.; GWENZI, W.; OKIN, G.; WAINWRIGHT, J.; CAYLOR, K.K.; SANKEY, T.; 2012. Understanding the role of ecohydrological feedbacks in ecosystem state change in drylands. *Ecohydrology* 5(2), 174-183.

ULANOVA, N.G.; 2000. The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review. *Forest ecology and management*, 135(1-3), 155-167.