

Análisis de procesos de regeneración en grandes incendios forestales a partir de series temporales de Landsat

Susana Martínez^{*1}; Emilio Chuvieco²; Inmaculada Aguado³; Javier Salas⁴

(1,2,3,4) Grupo de Investigación en Teledetección Ambiental. Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, Calle Colegios, 2-28801; Alcalá de Henares, Madrid, España.
(1,2,3,4) e-mails: *campoxurado@gmail.com, *susana.martinezs@uah.es; ²emilio.chuvieco@uah.es; ³inmaculada.aguado@uah.es; ⁴javier.salas@uah.es.

Resumen: El objetivo de este estudio es caracterizar los patrones de regeneración natural forestal post-incendio en diferentes condiciones ambientales y atendiendo a niveles de severidad diferentes. Se ha empleado el algoritmo LandTrendr para caracterizar las trayectorias temporales a nivel de píxel identificando eventos de perturbación y regeneración a lo largo de treinta años. Una regresión ponderada geográficamente (GWR) ha permitido identificar algunas de las variables que mejor contribuyen a la predicción de la dinámica de regeneración post-incendio.

Palabras clave: incendios forestales, GeoCBI, severidad, regeneración, series temporales, Landsat, LandTrendr.

Introducción: Este estudio se contextualiza en el marco del proyecto SERGISAT “Severidad y Regeneración en grandes incendios forestales mediante teledetección y SIG”, cuyo objetivo principal es la generación de un modelo biogeográfico capaz de estimar regeneración de la vegetación en áreas afectadas por grandes incendios forestales y fundamentalmente en base a la estimación de su severidad.

En este proyecto se analizan trece grandes incendios ocurridos en España en el año 1994, utilizando series temporales de datos Landsat desde 1984 hasta 2014.

El estudio que se presenta aquí es una evaluación piloto de los principales factores que contribuyen a la regeneración de la vegetación en el corto plazo (5 y 7 años desde el incendio) y medio plazo (10 años desde el incendio) en áreas afectadas por incendios de alta intensidad en la cuenca Mediterránea.

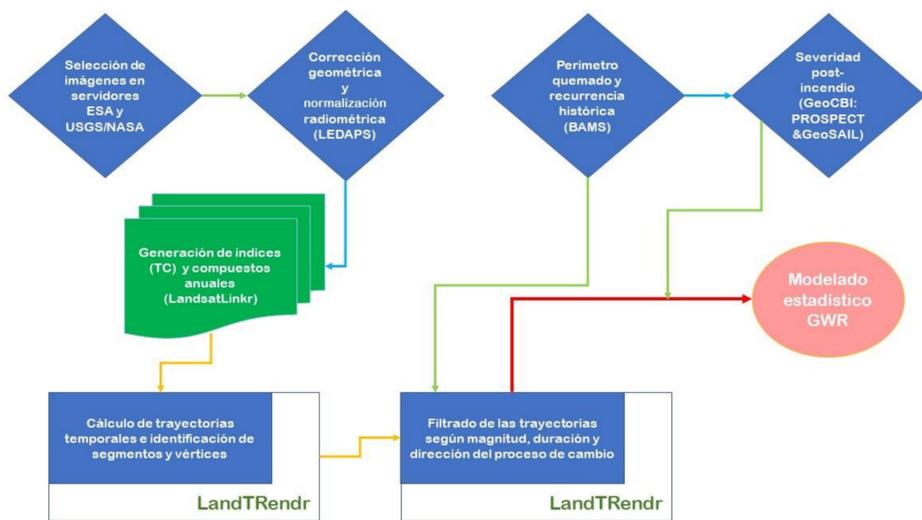
La hipótesis de partida es que en este contexto la regeneración de la vegetación debería estar condicionada por las condiciones climáticas en los años posteriores al incendio, la topografía favorable a la regeneración, la severidad del quemado así como la distancia a las áreas forestales no quemadas.

Como métodos se han empleado largas trayectorias de datos Landsat (1984-2014) utilizando el algoritmo LandTrendr (Kennedy et al., 2010). Los píxeles perturbados por incendio se han identificado utilizando el software BAMS (Bastarrika et al., 2014) y la severidad del quemado se ha calculado usando el índice GeoCBI y la inversión de los modelos PROSPECT y GeoSAIL (DeSantis et al., 2009).



Diferentes estudios han demostrado la relevancia de varios factores in-situ en la regeneración de la vegetación posterior a un incendio. La severidad del quemado, la topografía (altitud, orientación y pendiente) así como variables climáticas locales son algunos de los factores más estudiados bajo condiciones biogeográficas muy diferentes y especies también diferentes. Menos atención se ha prestado a la relevancia de otros factores como la distancia a las áreas forestales no quemadas, la estrategia de regeneración de las especies impactadas, la dominancia del substrato arbustivo o la recurrencia de sequías e incendios. Específicamente en áreas mediterráneas lo que es todavía necesario es la realización de investigaciones estandarizadas centradas en aquellas variables que se consideren relevantes, así como en la cuantificación de su relevancia con el fin de construir modelos predictivos más generalizables.

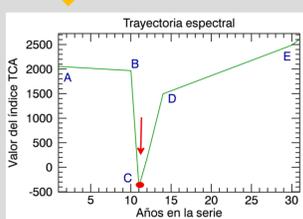
Metodología



LandTrendr: Kennedy, R. E., Yang, Z., & Cohen, W. B. (2010). Detecting trends in forest disturbance and recovery using yearly Landsat time series: 1. LandTrendr - Temporal segmentation algorithms. Remote Sensing of Environment, 114.

BAMS + LandTrendr

Tipo de Perturbación: incendio
Patrones de regeneración natural



Ejemplo de trayectoria espectral para un único píxel en la serie temporal (1984-2014). Segmento AB (1984-1993): estabilidad. 1994 (punto C, año 11 de la serie): caída importante del valor del índice. Segmentos CD (1994-1998) y DE (1998-2013): regeneración de distinta pendiente.

BAMS: Bastarrika et al. (2014). BAMS: A Tool for Supervised Burned Area Mapping Using Landsat Data. Remote Sensing 6.

Un modelo GWR convencional puede ser descrito por la ecuación

- $y_i = \sum_k \beta_k(\mu_i, v_i) x_{k,i} + \varepsilon_i$
- y_i = variable dependiente
- $x_i = k^{th}$ variable (-s) independiente(-s)
- ε_i = error Gaussian en localización i
- (μ_i, v_i) es la coordenada x,y de la i^{th} localización
- Coefficientes $\beta_k(\mu_i, v_i)$ representan condiciones variantes en la localización

GeoCBI: De Santis, A., Chuvieco, E., & Vaughan, P. (2009). Short-term assessment of burn severity using the inversion of PROSPECT and GeoSail models. Remote Sensing of Environment, 113.

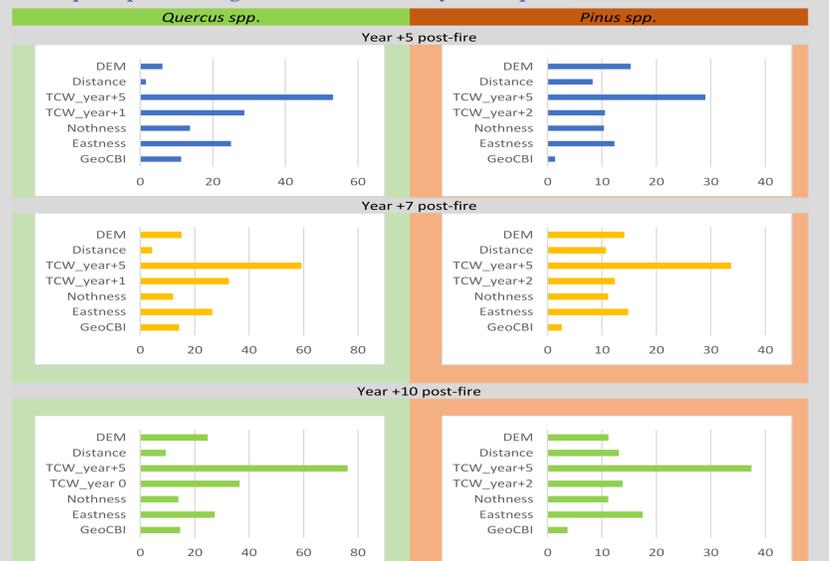
Variables topográficas: altitud, pendiente, orientación



Fotheringham et al., 2002

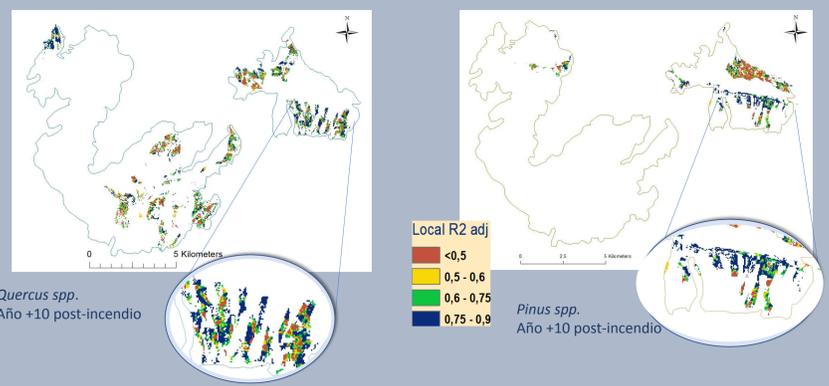
Resultados

Variables que explican la regeneración en el corto y medio plazo



DEM: modelo de elevaciones (m); Distance: distancia a áreas de bosque no quemado; TCW_i: Componente humedad de espacio Tasseled-Cap; Nothness: cos(aspect); Eastness: sin(aspect) GeoCBI: severidad del quemado. (Valor en gráficos: valor absoluto del estadístico 1)

Año +5 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,62; AIC _c = 328,34	Año +5 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,65; AIC _c = 702,90
Año +7 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,78; AIC _c = 316,70	Año +7 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,66; AIC _c = 104,18
Año +10 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,82; AIC _c = 406,45	Año +10 Post-incendio	R ² _{adj} = 0,78; AIC _c = 101,25



Conclusiones:

- Las trayectorias temporales basadas en Landsat resultaron ser variables críticas que han hecho posible la caracterización exhaustiva de procesos de perturbación y regeneración a lo largo de treinta años a nivel de píxel. Además, las trayectorias permiten la estandarización de aquellas variables que van a ser incluidas en los modelos y con ello la introducción de información esencial y crítica en los mismos.
- El uso combinado de los algoritmos BAMS y LandTrendr hace posible la identificación y selección únicamente de aquellos píxeles perturbados por incendio mientras que son descartados otros píxeles que han sufrido cualquier otro tipo de perturbación. El uso conjunto de ambos algoritmos hace además posible la identificación de trayectorias que siguen un patrón histórico determinado.
- Este estudio piloto basado en el uso de un modelo de regresión ponderada geográficamente (GWR) ha permitido identificar aquellos factores que contribuyen o impiden la regeneración de la vegetación de manera significativa en el área estudiada, aunque de momento sólo desde un punto de vista empírico.
- En investigaciones futuras se abordará la influencia en la regeneración post-incendio de otros factores potenciales como la recurrencia de incendios y sequías. Asimismo, se abordarán análisis en un rango más amplio de condiciones biofísicas para contrastar resultados y se sentarán las bases para el desarrollo de un modelo biofísico más generalizable y tanto en el corto como en el largo plazo.

Este estudio está integrado en el Proyecto “Severidad y Regeneración en grandes incendios forestales mediante teledetección y SIG” (SERGISAT); <http://www.sergisat.es/>), financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad.