

El índice SPI y la ecología de la sequía

RAMIRO ROMERO FRESNEDA Y JUAN ANTONIO DE CARA GARCÍA. AEMET

El agua es un elemento imprescindible para la vida y, por tanto, la precipitación es un factor climático fundamental en los ecosistemas de un territorio: agrarios, forestales y acuático-terrestres. Los largos períodos sin precipitación son la causa de los diferentes tipos de sequía y ello origina diversos problemas en la ecología de campos y montes, en la producción agroforestal y en la actividad del mundo rural.

Definición de sequía y sus tipos

La sequía es un fenómeno climático caracterizado por una deficiencia prolongada de lluvias, lo que lleva a una escasez de agua en comparación con la cantidad normal esperada en una región específica. Según el documento "Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros" (OMM, 2006) la sequía se diferencia de otros fenómenos naturales extremos porque no existe una definición precisa ni universalmente aceptada. Por ello, el concepto de sequía puede enfocarse desde distintas perspectivas disciplinarias y ha dado lugar a lo largo de la historia a diferentes definiciones de sequía que en general han estado relacionadas con los sectores que pueden verse afectados, ya que en ocasiones su impacto puede ser devastador. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) define varios tipos de sequía según sus efectos y manifestaciones:

Sequía meteorológica: se produce cuando hay un déficit de precipitación en comparación con el promedio histórico para una región específica durante un período determinado. Este tipo de sequía da origen a las restantes y normalmente suele afectar a zonas de gran extensión.

Los siguientes tipos de sequías, las sequías agrícola, hidrológica y socioeconómica, sin embargo, se caracterizan en mayor medida por sus facetas humanas o sociales y su definición refleja la interacción entre las características naturales de las sequías meteorológicas y las actividades humanas que dependen de la precipitación para proporcionar un abastecimiento de agua que permita cubrir las demandas de la sociedad y del medio ambiente.

Sequía agrícola: se define habitualmente en términos de disponibilidad de agua en los suelos para el sostenimiento de los cultivos y para el crecimiento de las especies forrajeras. Ocurre cuando la escasez de agua afecta a los suelos y las reservas de agua subterránea, lo que impacta negativamente en la agricultura. Este tipo de sequía puede causar pérdida de cultivos, disminución de la producción agrícola y escasez de alimentos.

Sequía hidrológica: se produce cuando la disminución de las precipitaciones conduce a una disminución de los niveles de agua en ríos, embalses, lagos y aguas subterráneas. Es un concepto todavía más independiente del déficit de precipitación ya que suele definirse como la disminución en las disponibilidades de aguas superficiales y subterráneas en un sistema de gestión durante un plazo temporal dado, respecto a los valores medios, que puede impedir cubrir las demandas de agua al cien por cien. Esta sequía afecta el suministro de agua para usos domésticos, agrícolas e industriales, generando problemas en el abastecimiento de agua potable y en la gestión de recursos hídricos.

Sequía socioeconómica: se diferencia notablemente de los demás tipos de sequía porque refleja la relación entre la oferta y la demanda de mercancías básicas, como lo son el agua, la energía hidroeléctrica o los piensos para suplementación del ganado, que dependen de las precipitaciones. La oferta varía anualmente en función de la precipitación o de la disponibilidad de agua. La demanda fluctúa también y suele tender al alza debido, entre otros factores, al aumento de la población o al desarrollo.

La OMM también señala que la sequía puede clasificarse según su duración, desde sequías a corto plazo (por ejem-

plo, sequías estacionales) hasta sequías prolongadas que pueden abarcar varios años.

Estos diferentes tipos de sequía pueden tener impactos significativos en la agricultura, la seguridad alimentaria, los recursos hídricos, la salud humana y los ecosistemas. La monitorización, la gestión y la planificación son fundamentales para mitigar los impactos adversos de la sequía en las comunidades afectadas.

Los índices para evaluar la sequía

Hay que evaluar la intensidad de la sequía en general y su riesgo desde distintos puntos de vista (meteorológico, agrario, hidrológico y socioeconómico). Se estudia el déficit pluviométrico respecto al normal y se analizan los valores de diferentes índices de sequía, los más conocidos y frecuentemente utilizados (desde el punto de vista climático) son: el índice de severidad de la sequía de Palmer (PDSI), el porcentaje de precipitación normal (PPN), el índice de riesgo de sequía (IRS), el índice de precipitación estandarizada (SPI), el índice de suministro de agua superficial (ISAS/SWSI), el indicador de la humedad de cultivo (CMI) y el potencial agro-hidrológico (AHP).

Para evaluar el estado del campo en términos de sequía agraria (en tiempo casi real), se estudian los índices de vegetación obtenidos por el análisis multitemporal de imágenes de satélite basado en el cálculo de parámetros por operaciones algebraicas entre distintas bandas espectrales. El índice de vegetación más utilizado es el NDVI (índice de vegetación normalizado) que se puede mejorar con los índices: EVI, SAVI, ARVI, GCI y SIPI. El NDVI da una idea de la actividad vegetativa (metabólica), del vigor de las plantas, e indirectamente del estrés hídrico o presión fisiológica por sequía.

El NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) proporciona una estimación de la cantidad y estado de la vegetación en áreas extensas por su "grado de verde" (biomasa fotosintéticamente activa). Además se ha estudiado la variación de dicho índice con los años de sequía. La anomalía del NDVI se puede usar como identificador de sequía. El NDWI (*índice diferencial de agua normalizado*) se usa para localizar superficies de agua y terrenos húmedos o saturados (suelo-vegetación) y en general la presencia de agua, lo que es útil para prevenir y controlar el estrés hídrico. El NDDI (*índice de sequía diferenciada normalizada*) presenta valores más altos cuanto más severa o extrema sea la sequía. El MSI (*índice de estrés hídrico*) se utiliza para el análisis del estrés en la *canopy* (el dosel) y una aproximación a la predicción de la productividad. El SAVI (*índice de vegetación ajustado el suelo*) se utiliza para corregir el NDVI por la influencia del brillo del suelo en áreas donde la cobertura vegetativa es baja. Con los índices de vegetación se identifican fácilmente áreas de suelo desnudo, superficies acuosas y vegetación activa (con distinta intensidad) pero la interpretación del estado del campo a partir de los índices de vegetación es objeto de polémica entre seguros agrarios y usuarios agrícolas, ganaderos y forestales.

Índice de sequía estandarizado (SPI)

Las precipitaciones en España se caracterizan por presentar una distribución irregular tanto espacial como temporal, por lo que conviene analizar los períodos en los que a lo largo del año el déficit de precipitaciones acumuladas pueda haber provocado períodos de sequía meteorológica. Como vimos anteriormente, la definición del concepto de sequía es complejo, dado que existen distintas definiciones según el sector al que pueda afectar (agrícola, hidrológica, económica, etc.). Nos referimos en este apartado a la sequía meteorológica, que estudia exclusivamente el comportamiento de la precipitación sin tener en cuenta otros factores.

El índice SPI se define como un valor numérico que representa el número de desviaciones estándar de la precipi-

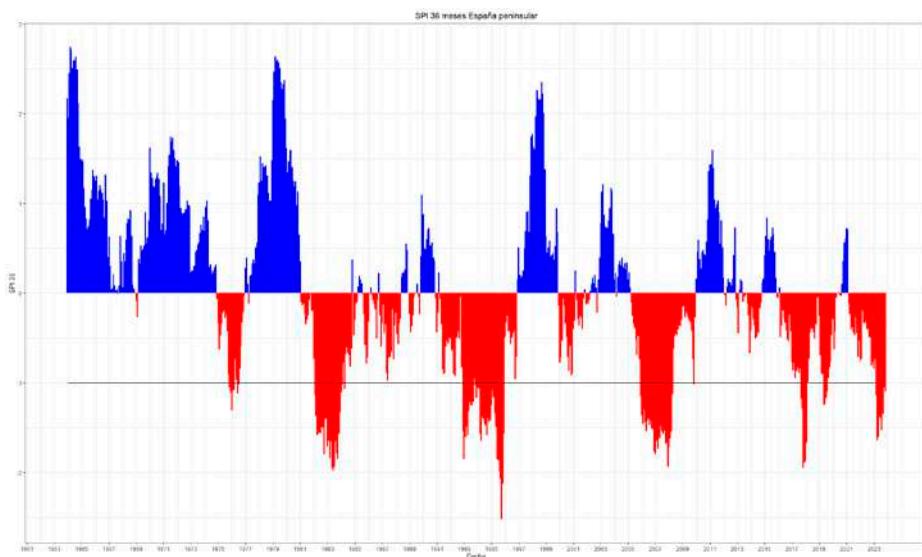


Figura 1. Sequías históricas en la España peninsular a partir del SPI acumulado a 36 meses.

Tabla 1. Eventos y períodos de sequía

Periodo de sequía
Sequía 1982-1084
Sequía 1991-1996
Sequía 2005-2009
Sequía 2017-2020
Sequía 1975-1976
Sequía 1987-1988
Sequía 2000-2001
Sequía 2023

tación caída a lo largo del período de acumulación de que se trate, respecto de la media, una vez que la distribución original de la precipitación ha sido transformada a una distribución normal. De este modo se define una escala de valores que se agrupa en tramos relacionados con el carácter de la precipitación.

McKee *et al.* (1993) definieron el concepto de sequía para una zona determinada y para una escala temporal de acumulación dada (1, 3, 6, ... meses) como el período de tiempo que se inicia cuando el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) alcanza el valor de -1, para dicha zona y escala, y finaliza cuando el SPI pasa a ser positivo. A través del uso del índice SPI es posible cuantificar y comparar las intensidades de los déficits de precipitación entre zonas con climas muy diferentes y tiene la propiedad de que puede integrarse sobre un amplio rango de escalas temporales, lo que hace que pueda ser utilizado como indicador de diferentes tipos de sequía, tanto aquellas que son de corta duración y que producen efectos principalmente sobre los sectores agrícola, forestal y pecuario, como para caracterizar sequías

climáticas de larga duración conducentes a sequías hidrológicas.

Debido principalmente a su situación geográfica, España presenta una elevada variabilidad interanual de la precipitación, lo que hace que se produzcan numerosos episodios de sequía meteorológica y que éstos tengan una severidad destacada pudiéndose ver afectadas grandes regiones del territorio. Para sequías persistentes y de larga duración es conveniente usar el cálculo del SPI con una acumulación de 36 meses, con lo que si observamos la gráfica de los valores de este índice para la España peninsular durante el período que comprende desde el año 1961 hasta el 2023, se aprecian los siguientes eventos que pueden reconocerse en la imagen 1 y se clasifican como se indica en la tabla 1.

La falta de agua en los ecosistemas agrícolas y forestales

En la península ibérica y Baleares, los períodos de sequía a lo largo de la historia son propios del clima, especialmente en las zonas caracterizadas por el am-

El índice SPI y la ecología de la sequía

biente mediterráneo, que precisamente se define por tener un periodo de déficit de precipitaciones en relación a la evapotranspiración potencial al menos durante el verano. Por ello, en el campo español es clásico el término de "la pertinaz sequía"; además, la variabilidad interanual de la intensidad y duración de este fenómeno es muy grande, solamente en el litoral galaico-cantábrico y en las montañas de la región biogeográfica eurosiberiana la sequía es algo muy poco frecuente a lo largo de las décadas. No obstante, en lugares como los Acares, Degaña, Roncesvalles o Sallent de Gállego, en términos promedio de datos de treintenarios no se detecta sequía, pero sí en años concretos. La precipitación ibérica (sobre todo de clima mediterráneo) es muy irregular en datos interanuales e intraanuales, de forma que también son frecuentes los chubascos torrenciales, sobre todo en otoño, o ligados a tormentas estivales. Otra característica del ambiente mediterráneo desde la prehistoria es el fuego (por causas naturales o antrópicas) y en gran medida la deforestación y el sobrepastoreo. Todo ello, unido a la complejidad topográfica y en muchos casos terrenos pedregosos o al menos con suelos muy pobres, hace que la gestión agroforestal del agua sea compleja y problemática.

En el campo la falta prolongada de precipitaciones implica la disminución o pérdida de caudal de ríos y arroyos, la desaparición de manantiales, charcas y balsas, el descenso del nivel freático y la pérdida de humedad edáfica.

La sequía agrícola, siempre es un problema, mayor o menor (en función de la intensidad y duración, así como de los distintos requerimientos de cada especie) que sobre todo afecta a los cultivos de secano y a la ganadería extensiva o semiestabulada (cuyos costes de producción se encarecen por necesitar suplementación de piensos y a veces transporte de agua en cisternas). En los cultivos es necesario que el agua edáfica esté disponible en el momento adecuado, cuando por su estado fenológico puede ser un factor limitante (floración, cuajado, crecimiento, y maduración).

La precipitación debe caer en el momento oportuno de forma que moje el suelo antes de que la planta necesite el agua y no caer en las fechas en las que

dificulta las labores agrícolas y la entrada de maquinaria en los campos embarrados y encharcados: los períodos de siembra y recolección. La lluvia (y mucho más el granizo) es inoportuna durante la floración pues puede romper flores, producir un lavado de polen o impedir el vuelo de los insectos polinizadores. En muchas ocasiones, si se entra en la primavera tras un largo periodo sin precipitaciones (invierno, otoño-invierno) se dejan de sembrar cultivos de primavera-verano ante la falta de tempero del suelo que dificultará el previsible desarrollo y crecimiento del cultivo (máxime ante la perspectiva del verano) y además esos suelos endurecidos complican y encarecen las labores.

Si la sequía llega a ser hidrológica y el nivel de los embalses disminuye de forma importante, los cultivos de regadío también son afectados pues muchas veces se decreta la reducción parcial o total del riego. En el medio natural, los animales silvestres (la caza y la fauna protegida) sufren una merma poblacional o realizan pequeños desplazamientos o fugas buscando mejores pagos ante la falta de pasto y bebederos.

En el caso de la vegetación, la sequía fisiológica (*physiological dryness*) consiste en un desequilibrio hídrico (estrés hídrico, una tensión fisiológica) entre la pérdida de agua por transpiración (mayor cuanto más seco está el aire que la rodea) y la ganancia de agua edáfica por absorción radicular. La sequía fisiológica se debe a un tiempo prolongado de suelo seco al nivel de las raíces, fenómeno que se ve agravado por el aire cálido-seco. En zonas de montaña o en latitudes altas el suelo helado también puede ser causa de sequía fisiológica al permanecer el agua en forma sólida no utilizable por las raíces. Las situaciones de déficit hídrico continuado provocan modificaciones en los parámetros relativos a la función en ecosistemas forestales (producción y flujos de agua y nutrientes) así como cambios en la estructura poblacional por selección por debilitamiento de árboles vulnerables a ataques de patógenos y plagas.

En el sistema suelo-planta-aire el agua fluye del suelo al aire atmosférico directamente por evaporación o a través de la planta por absorción radicular, ascenso de savia por el xilema y transpiración

por los estomas de las hojas. La absorción de agua por las raíces se detiene al alcanzarse el punto de marchitamiento (o de marchitez permanente) en el que se llega a un nivel de humedad edáfica mínimo a partir del cual la planta no puede extraer agua (aunque algo haya) y no se recupera de la pérdida hídrica que se produce por transpiración. Las plantas pierden humedad también por respiración, incluso con humedad relativa del aire del 100 %. En casos de sequía extrema los árboles pueden sufrir daños estructurales incluso en las especies más resistentes.

En ambientes áridos o mediterráneos con un periodo de sequía pronunciado, con escasez de lluvias y temperaturas altas en verano, en la vegetación natural dominan plantas con ciertas adaptaciones morfológicas: estomas hundidos, más abundantes en el envés que en el haz, pilosidad foliar, recubrimientos con cutículas duras por revestimientos con ceras (vegetación esclerófila); además las plantas tienen la capacidad de cerrar los estomas en los momentos del día de mayor demanda de transpiración. Otra estrategia frente a la sequía es la producción durante la noche de aceites aromáticos que se liberan durante el día para embadurnarse y así "refrescarse al dificultar la pérdida de agua" (romeros, jaras, lavandas, orégano, tomillos, albahaca, palmito, laurel, así como los pinos piñonero, carrasco y resinero).

Los efectos de la sequía son más perjudiciales en masas arboladas densas que en las fragmentadas debido a la competencia por el agua entre ejemplares. Las especies más tolerantes a la sequía muestran menor descenso de transpiración foliar y decrecimiento de biomasa; de forma que la sequía produce menos daños en formaciones de dehesa que en montes densos.

No obstante, el campo ibérico-balear tiene una gran capacidad de respuesta a la sequía debido a que esta es parte importante de la historia de clima en ambientes mediterráneos y submediterráneos. Es frecuente que una primavera tardía "verde" suceda a una primavera temprana seca y agostada; otras veces tras un periodo fuerte de sequía de primavera-verano-otoño, el pasto y la vegetación leñosa se recuperan con fuerza tras las primeras lluvias otoñales. En

otoño brota y crece el pasto y florecen las especies vegetales serotinales (de floración otoñal), las cuales son plantas de día corto (cuya floración se estimula por las noches cada vez más largas) o neutras. Es el caso por ejemplo del avellano (*Corylus avellana*), el madroño (*Arbutus unedo*), algunos matorrales de tojos, brezos y tomillos, y muchas especies herbáceas.

Es frecuente y sorprendente la capacidad de recuperación de la vegetación mediterránea tras largos períodos de sequía. Tras un evento extremo de sequía se observa en algunos *quercus* (como la encina, *Quercus ilex*) que en el siguiente periodo vegetativo los árboles más afectados con daños muestran (respecto a los más sanos) una gran capacidad de rebrote y un retraso de fenofases primaverales; disminuye la reproducción sexual (menos pies florecen) en favor del crecimiento y la reproducción vegetativa (R. Benavides, A. Lázaro, F. Valladares, 2011). Parece ser que en especies arbustivas, la estrategia dominante tras los eventos de sequía intensa es una mayor inversión de energía en reproducción con un adelanto de las fases para favorecer la floración y maduración de frutos en previsión de un empeoramiento de las condiciones ambientales climáticas (Matesanz *et al.*, 2009).

En España las especies arbóreas más adaptadas a la sequía son las de clima mediterráneo con verano muy cálido y seco: acebuche y olivo, palmito, algarrubo, coscoja, encina, almendro, pinos carrasco y piñonero (en menor medida alcornoque y pino resinero); en general en gran parte del paisaje ibérico-balear dominan las especies xerófilas, adaptadas a lugares secos por ser más o menos resistentes a la sequía, a largos períodos sin precipitación.

En los años con buena disponibilidad de humedad, corto periodo de vegetación agostada y abundancia de insectos, algunas especies de aves realizan más puestas de huevos. La golondrina común suele poner dos puestas, pero si hay sequía acusada pone una y si, por el contrario, el campo está en buenas condiciones pueden poner tres y en este caso la fecha de partida al final del verano se retrasará por no haber completado el ciclo de reproducción y cría. Si el verano es muy seco y hay escasez de

agua y alimento las aves pueden hacer fugas de tempero a biotopos más altos o umbríos o a comarcas próximas con temperie más adecuada.

El conejo de monte puede alcanzar un celo viable con parideras adecuadas en las cuatro estaciones del año en número variable según la distribución y abundancia de lluvias de la que depende la disponibilidad de pasto, siempre que las temperaturas no sean muy bajas. La época más favorable para la preñez y partos es la primavera pero en las distintas regiones y años puede haber parideras en invierno y a finales de junio.

Los años con lluvias prolongadas en verano originan una explosión de las poblaciones de conejo, cordorniz, topillos, etc. que producen daños en la agricultura, además se favorece la *tularemia* de las liebres y conejos (enfermedad infecciosa bacteriana). En otoño, si las lluvias son tempranas y sostenidas, se produce la otoñada por el rebrote de pastos herbáceos vivaces y el verdeo de siembras de cereales, maíz o soja (que se suele sembrar como forraje para el ganado en época de escasez). Si las primeras lluvias de otoño no son seguidas de otras el campo se pudre y la crisis de pastos es mayor; la otoñada de pastos no existe en todos los lugares ni es todos los años igual.

Tras las primeras lluvias de otoño “*a lomo mojao*” se produce la berrea de los ciervos, a finales de agosto por el norte o mediados de septiembre (o primeros de octubre) por el sur peninsular; una berrea tardía en un lugar es consecuencia de poco pasto y de lluvias otoñales tardías.

Los árboles caducifolios cambian de color en otoño reabsorbiendo clorofila y otras sustancias antes de la caída de las hojas al percibir la señal ambiental de la bajada de temperaturas y el acortamiento del periodo de luz diario. A veces, si el verano y el comienzo del otoño son más cálido-secos de lo normal, el cambio de color se adelanta de fecha por estrés debido a la falta de agua edáfica. En este caso en el campo se observa que los ejemplares que no tienen escasez de agua por estar situados próximos a un arroyo o en una topografía y geología favorables a la retención de humedad retrasan el cambio de color debido a las altas temperaturas, pero si se encuentran en un suelo seco adelantan

las fechas de cambio de color debido al estrés hídrico.

La sequía y las enfermedades de la seca y la grafiosis

En las especies forestales la escasez de agua edáfica afectando a árboles y arbustos se detecta en primer lugar por la pérdida de turgencia de las hojas, si la situación persiste se llega a la coloración amarillenta, parda o rojiza de las mismas y en ocasiones más extremas se alcanza el puntisecado de los extremos de las ramas de la copa, incluso se puede marchitar el conjunto del árbol y hasta morir.

El fenómeno de la seca consiste en un decaimiento del arbolado, una pérdida de vigor, sobre todo de encinas y alcornoques, pero también de castaños, robles, quejigos, almendros, olivos y pinos. Es un problema importante de sanidad forestal en el sur de España debido a la combinación de la acción de un agente patógeno, un hongo (*Phytophthora cinnamomi*, *Hypoxylon mediterraneum* = *Biscogniauxia mediterranea*, etc.) que provoca la pudrición de las raíces impidiendo la absorción de agua, agravada en tiempos de sequías extremas; a veces con la implicación además de plagas de insectos defoliadores como: la lagarta peluda (*Limantria dispar*) o la palomilla verde (*Tortrix viridana*); el resultado final es el chancro o seca. Cuando no hay sequía, los árboles responden al patógeno con reducción de producción de biomasa (y los árboles se recuperan tras el primer ciclo de infección) pero cuando hay importante déficit hídrico los árboles pueden llegar a morir. El fenómeno destructor de la seca se debe a una combinación de factores genéticos, climáticos y selvícolas.

En el caso de los olmos, la mayor parte de los ejemplares provienen de clones introducidos en tiempos de la cultura romana y la falta de variabilidad genética los ha hecho muy sensibles a la enfermedad de la grafiosis que ha provocado la práctica desaparición de las olmedas. La grafiosis es una enfermedad de los olmos que resulta de la interacción de cuatro componentes: el olmo (*Ulmus sp.*), un hongo (*Ceratocystis ulmi*), un escarabajo vector (*Scolytus sp.*) y el ambiente. La sequía y la disminución

El índice SPI y la ecología de la sequía

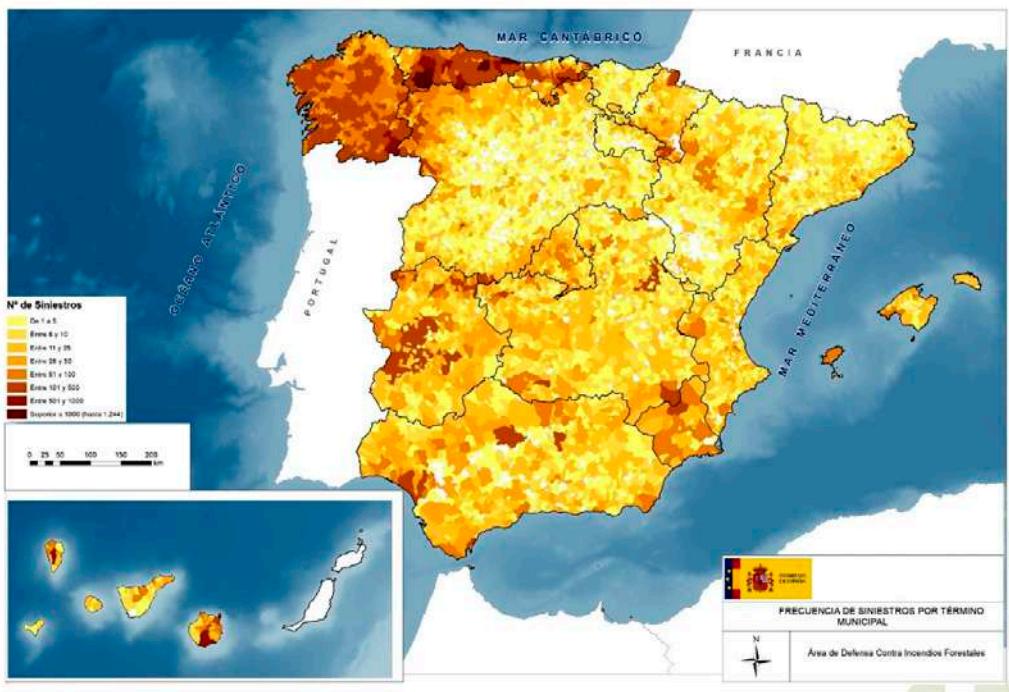


Figura 2. Número de siniestros de incendio forestal por municipio en el periodo 2006 - 2015 desde el rango de 1 - 5 hasta el de > 1000 (1244). Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

de la capa freática debilitan a los olmos, los predisponen a la enfermedad de la grafiosis, además la población de escolítidos se dispara.

La sequía en general debilita al arbolado forestal o agrícola y lo hace más sensible a plagas y enfermedades. Los hongos necrotróficos (por ejemplo, el chancre del castaño, *Cryphonectria parasitica*) y los vasculares (por ejemplo, la grafiosis de los olmos, *Ceratocystis novo-ulmi*) atacan los sistemas de almacenamiento y transporte de nutrientes y agua de los árboles en sequía intensa acelerando su muerte.

Sequía y riesgo de incendios forestales

Los incendios forestales han sido un factor ambiental natural sobre el paisaje vegetal ibérico sobre todo mediterráneo; además el fuego ha sido un agente antrópico en la gestión histórica del territorio para crear claros y ver al enemigo en las guerras y como herramienta para hacer rozas enriqueciendo la tierra y creando espacios agropecuarios. El bosque y el monte son un recurso renovable que produce bienes en forma de madera, leña, frutos, caza, resina, corcho, etc. pero también crea paisaje, microclima, regulación hidrológica, etc. por lo que se trata de conservar el monte y prevenir el incendio evitando daños

económicos y ecológicos.

El inicio y evolución del incendio depende de ciertos factores: temperaturas altas, humedad relativa baja, suelos secos, viento moderado o fuerte, topografías abruptas de barrancos y fuertes pendientes, cobertura arbórea y de matorral, presencia de especies altamente inflamables, las tormentas secas con rayos, etc. El riesgo de incendio es mucho mayor en tiempo de olas de calor, especialmente en regiones y comarcas con fuerte insolación y clima no demasiado seco, condiciones que favorecen la producción de leña y madera, especialmente en los años con inviernos lluviosos; también los largos períodos de sequía son favorables a los incendios. No obstante, la causa principal de los incendios son los pirómanos además de los accidentes debidos a trabajos forestales y agrícolas y a los descuidos de una cada vez mayor población urbana que sale al campo de vacaciones o fin de semana, sobre todo en verano, muchas veces con desconocimiento del comportamiento adecuado en la naturaleza.

El riesgo de incendio y el fuego en sí mismo se relacionan no sólo con las condiciones meteorológicas y climáticas, sino también con la composición y estructura del monte a la vez que con su gestión y la historia de sus usos.

El abandono del campo y la actividad agraria comenzó hacia 1860, aunque hubo un repunte poblacional entre 1933-1940. Desde los años cincuenta la despoblación rural aumenta a la vez que "el campo se va llenando de monte" y la biomasa forestal se acumula por falta de pastoreo y más aún, desde los años 60 por dejar de leñar y carbonerar (desapareciendo los gabarreros, carboneros y piconeros) debido a la aparición en los pueblos del gas butano (origen de los denominados "montes butaneros"). Por otra parte entre 1939 y 1984 hubo una intensa actividad repobladora, realizada casi exclusivamente con especies de

coníferas (y en menor medida chopos, eucaliptus y aún menos otras frondosas), con objetivos de protección y restauración hidrológico-forestal y seguidamente de producción industrial. El ICONA se creó en 1971 y transfirió sus competencias a las Comunidades Autónomas en 1982, éstas interrumpieron la repoblación masiva de coníferas según las nuevas ideas y la presión ecológista. En 1992, con motivo de la reforma de la Política Agraria Común (PAC) se estableció un régimen de ayudas por el Programa de Forestación de Tierras Agrarias (FTA) que aún hoy se considera importante para la restauración, conservación y mejora de ecosistemas relacionados con la agricultura y la selvicultura.

La falta de gestión del bosque es un problema importante: la escasez de tratamientos de la espesura o control de biomasa por clareos y claras en el monte arbulado denso, la abundancia y envejecimiento de los terrenos de regeneración por brotes (montes bajos) muchos de ellos fosilizados, la abundancia de matorral y orla espinosa de sotobosque, el desprecio e impopularidad de las infraestructuras protectoras (cortafuegos, fajas auxiliares, pistas forestales y vías de saca).

El cambio climático en general tiende a una mayor frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos como las sequías y olas de calor de forma que

muchos autores lo relacionan con los llamados incendios de sexta generación. Los megaincendios de sexta generación modifican la dinámica atmosférica en su entorno de forma que originan vientos de tal intensidad que los hacen muy difíciles de apagar llegando a quedar fuera de la capacidad de extinción. Estos parecen tener relación con largas y recurrentes sequías, pero quizás más que relacionarlos con el cambio climático hay que considerarlos como respuesta a un cambio global que incluye clima y cambios de usos del suelo. En cualquier caso la sequía meteorológica es uno de los factores determinantes de los incendios por el mayor riesgo de iniciarse y por la mayor dificultad de apagarlos.

Los incendios forestales suceden en todo el territorio nacional y se producen todos los años originando grandes daños ambientales y económicos sobre todo

con un carácter estacional que coincide con las épocas secas. Muy pocos son debidos a causas naturales, por el contrario se deben a distintos tipos de negligencias de ciudadanos urbanos y de campesinos rurales, además de a los pirómanos. Los años 1978, 1985, 1989 y 1994 fueron muy malos en cuanto a superficie forestal quemada mientras que los años 1995, 2000 y 2005 fueron los peores en cuanto a número de incendios.

En el mapa adjunto (figura 2) se observa que la mayor frecuencia de incendios se localiza en Galicia, León, Asturias, Cantabria y el Banzán, en gran medida relacionados con la práctica de las quemadas "teóricamente controladas" de pastos y matorrales; también en zonas de Extremadura (en dehesa y monte), de Murcia (donde el rayo tiene cierta importancia) así como en otras del valle del Guadalquivir, seguramente relacio-

nadas con quemas de restos agrícolas (rastrojos, podas, etc.). Por el contrario hay que destacar las grandes masas forestales en las que el fuego es poco frecuente como es el caso de las provincias de Burgos, La Rioja, Segovia, Guadalajara, Cuenca, Teruel, Huesca, Lleida o Girona, zonas en las que el monte está bien cuidado y es considerado fuente de riqueza y valores sociales y ambientales.

En cuanto a la superficie afectada arbolada y desarbolada (figura 3) entre 1961 y 2023 se observan grandes áreas quemadas ($> 50\,000$ ha con algunos años de entre $150\,000 - 200\,000$ ha) aproximadamente entre 1973 y 1995, época en la que coinciden el abandono del entorno rural, la abundancia de repoblación efectuada y al final el paulatino comienzo de la segunda residencia vacacional (incendios de segunda generación de los años 80) a la vez que la gestión del monte por las Comunidades Autónomas. En cualquier caso, todos los años la superficie forestal quemada no arbolada (fracción de cabida cubierta $< 5\%$) es superior o muy superior a la arbolada.

En el mismo periodo 1961 - 2023, en cuanto al número de incendios (imagen 3) tiende a aumentar hasta el año 2000 y a disminuir después con un periodo especialmente malo entre 1989 - 2012 (incendios de tercera - quinta generación). Desde 2016 se considera que hay incendios de sexta generación pero ni en número de incendios ni en superficie total nacional afectada estos últimos años han sido los peores aunque sí han sido ecológicamente y socioeconómicamente devastadores los daños producidos.

Superficie arbolada y desarbolada afectada por incendios 1961-2023

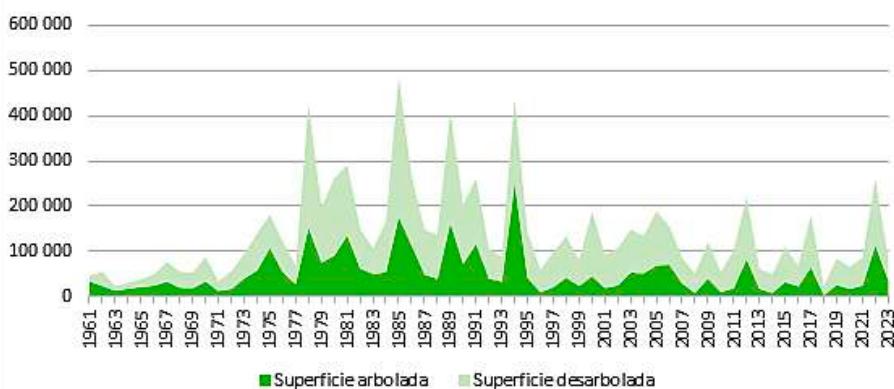


Figura 3. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Número de incendios forestales entre 1961 y 2023

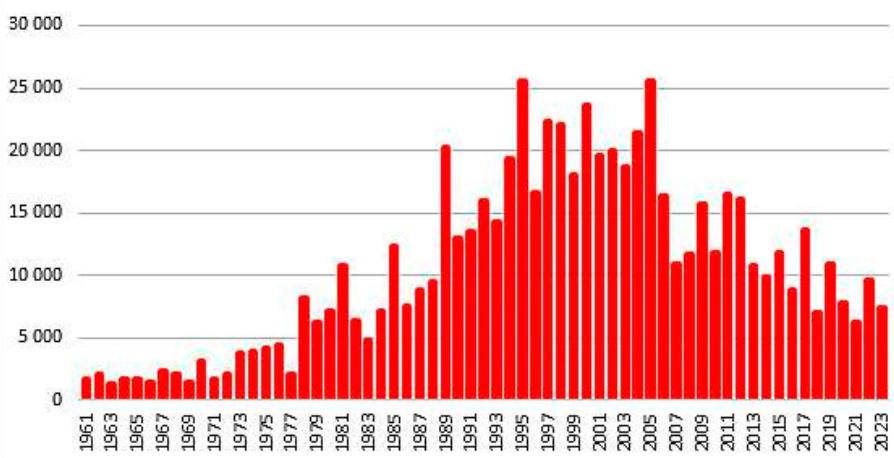


Figura 4. Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico

Referencias

- Benavides, R.; Lázaro, A.; Valladares, F. 2011. "Efecto de la sequía en el estado y fenología de masas de *Quercus ilex* en dehesas del suroeste de Madrid". Comunicación en la 50 Reunión de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Toledo.
- Romero, Ramiro et al. 2020. Comportamiento de las precipitaciones en España y períodos de sequía (periodo 1961-2018), Nota Técnica 32 de AEMET.
- OMM-Nº. 1006, 2006. Vigilancia y alerta temprana de la sequía: conceptos, progresos y desafíos futuros
- OMM-Nº. 1173, 2016. Handbook of Drought Indicators and Indices. WMO/GWP Integrated Drought Management Programme (IDMP).