6º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

6CFE01-043

Montes: Servicios y desarrollo rural
10-14 junio 2013
Vitoria-Gasteiz

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Vitoria-Gasteiz, 10-14 junio de 2013
ISBN: 978-84-937964-9-5
© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Dinámica de la recuperación de una masa de pino canario (*Pinus canariensis*) tras una erupción volcánica

MIRANDA GARCÍA-ROVÉS, J.C.[1], NANOS, N.[1] y GIL SÁNCHEZ, L.[1]

[1] Departamento de Silvopascicultura, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (Universidad Politécnica de Madrid).

Resumen
Pinus canariensis soporta eventos volcánicos, pues habita en las Islas Canarias desde al menos 13,5 Ma. Ante el efecto de tales perturbaciones como la pérdida total de biomasa aérea y profundas heridas en el tronco, la especie cuenta con el rebrote y la posibilidad de detener el crecimiento en grosor, al menos, durante más de 20 años hasta la total recuperación de la copa.

El seguimiento de un pinar afectado por la erupción de 1949 del Hoyo Negro (La Palma) mediante las ortofotografías de 1963, 1983 y 2009 distingue tres situaciones en cuanto a la dinámica poblacional derivada de la acción de los piroclastos: i) zonas con predominio de pies solo observables en la fotografía de 2009, ii) zonas con pinos ya observables desde 1983; iii) zonas donde los pies se distinguen desde 1963. Estas tres zonas han sido estudiadas in situ mediante 18 parcelas, en las que se miden los parámetros de fuste y de copa y los daños causados en la erupción. Los resultados muestran que las "nuevas incorporaciones" no son tales, sino consecuencia de un mayor retraso en la recuperación de la biomasa aérea y, por tanto, de la imposibilidad de distinguir en los vuelos pinos muy dañados (sin copa).

Palabras clave
estrategias adaptativas, rebrote, volcanismo, dinámica poblacional

1. Introducción

- *Pinus canariensis*

Pinus canariensis Chr. Sm. ex DC. es una especie endémica de las Islas Canarias, siendo la única del género *Pinus* presente de forma natural en el archipiélago y formando grandes masas. Se encuentra presente en las islas occidentales y más elevadas: Gran Canaria, Tenerife, El Hierro y La Palma (y de forma relíctica en la Gomera). En la actualidad la especie está ausente en las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura) donde sí ha sido encontrada en el registro palinológico.

Por su cercanía filogenética con los pinos mediterráneos, el pino canario comparte características morfológicas y fisiológicas similares a estos (RUIZ DE LA TORRE, 2006), aunque presenta características distintivas. En estadio adulto presenta una duraminización muy intensa, con el enteado de la parte más interna del xilema, generando un duramen de alta densidad (> 1g/cm^3) (CLIMENT et al., 1998). Este duramen evita en gran medida los efectos de la pudrición causados por perturbaciones bióticas y abióticas en una especie muy longeva

que puede llegar a superar 800 años de vida (GÉNOVA y SANTANA, 2006; GÉNOVA et al., 1999).

Pero su característica diferencial es la capacidad de rebrote, tanto de cepa como a partir de brotes epicórmicos. Esta respuesta es poco frecuente dentro del género *Pinus* y aun más infrecuente que la conserve en estado adulto. Sólo están citados cuatro pinos capaces de ello, (KEELEY & ZEDLER, 1998, PERRY, 1991, RODRIGUEZ-TREJO & FULE, 2003). Gracias al rebrote, el pino canario consigue reponerse a situaciones de gran estrés donde otras especies morirían, como pueden ser los incendios forestales (que de forma natural son provocados bien por rayos, o bien por procesos volcánicos), o los daños volcánicos no relacionados con el fuego.

Esta capacidad de rebrote en el pino canario se suele atribuir a una adaptación evolutiva al fuego. En circunstancias naturales el fuego únicamente es originado o bien por rayos o bien por procesos volcánicos. La presencia de rayos en las Islas Canarias es muy escasa, como ejemplo en los años 2009 y 2010 la mayor parte de la superficie canaria no recibió ningún rayo (GARCÍA, 2011). Por lo que la incidencia que este fenómeno puede tener en el origen de incendios forestales es muy baja. De hecho, la frecuencia histórica de incendios causados por rayos es del 0,48% (DGB, 1977-2010). Por otro lado los volcanes también son causa de incendios forestales, pero son aún de menor frecuencia, y nunca tras una lluvia de piroclastos que deja la biomasa foliar cubierta por los materiales expulsados durante la erupción.

Sin embargo los daños causados por episodios volcánicos, aún pudiendo ser eventos puntuales, son de una magnitud mucho mayor que los incendios, pudiendo afectar a grandes áreas e incluso a islas enteras.

- Volcanismo

Como se ha mencionado anteriormente, el pino canario ha quedado confinado a las Islas Canarias, archipiélago de origen volcánico. Las primeras en formarse fueron las orientales hace 24 Ma (VERA, 2004), creándose el resto de islas hacia el occidente y siendo por tanto La Palma y El Hierro las formaciones más jóvenes. El pino canario avanzó colonizando estas islas a medida que iban emergiendo del mar siendo este patrón de colonización de Este-Oeste (NAVASCUES et al., 2006), habitando las islas prácticamente desde sus inicios, como muestran los restos fósiles encontrados de la especie de hasta 13,5 Ma (GARCÍA-TALAVERA et al., 1995).

Las Islas Canarias, a lo largo de su formación han sufrido periodos de volcanismo fuerte y frecuente afectando a veces de forma masiva a la vegetación existente. Un ejemplo de estos periodos de fuerte volcanismo es el de Roque Nublo en Gran Canaria (5,5 a 3 Ma), que generó una gran actividad eliminando la mayor parte de la vida de la isla (ANDERSON et al., 2009). En cualquier caso, la fuerte actividad volcánica de las islas tuvo consecuencias mucho mayores en periodos geológicos anteriores a las erupciones históricas, ya que estas últimas han sido de tipo estromboliano (MARTÍ, 2001), índice de explosividad volcánica 1-2.

La isla más activa volcánicamente en el periodo histórico es la de La Palma con 7 erupciones documentadas en los últimos 600 años (figura 1). Dos de ellas ocurrieron en el pasado siglo: la erupción del Teneguía en 1971, con una emisión de lavas que devastaron toda

presencia vegetal; y la erupción de San Juan de 1949 (Duraznero, Hoyo Negro y Llano del Banco), que ha sido la última erupción que ha afectado a una masa de pinar aún presente.

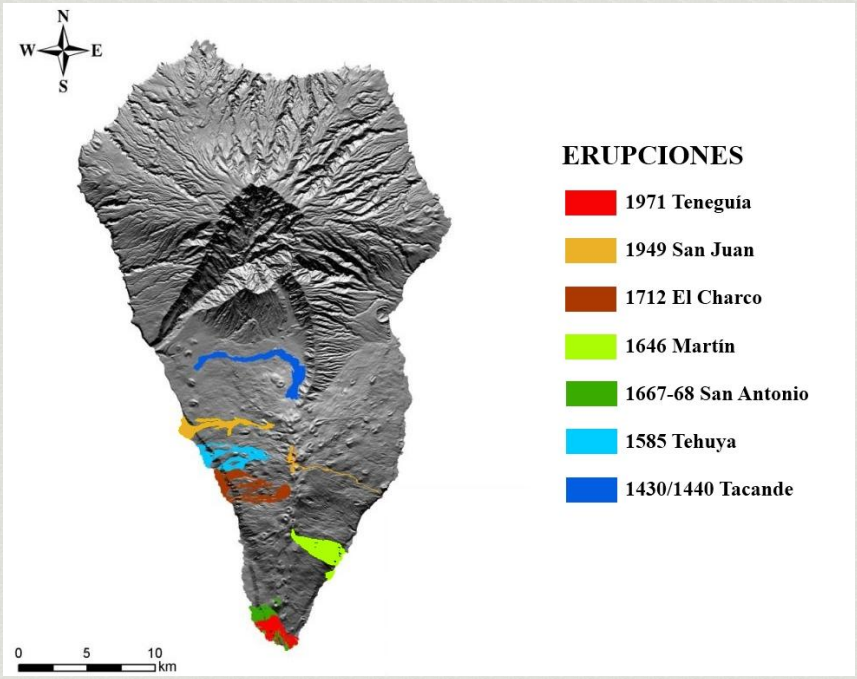

Figura 1: Erupciones históricas en la Isla de La Palma. Fuente: instituto geográfico nacional (IGN).

- Influencia del volcanismo sobre la vegetación

Una erupción volcánica es un evento con un enorme impacto en el entorno en el que se produce. Existen elementos como la creación del cono volcánico y las emisiones de lava que eliminan cualquier vestigio de vida. Pero también existen otros elementos, que aun causando graves daños, no implican la completa mortalidad. Estos daños son de tipo mecánico, y están ocasionados bien por la acumulación de cenizas o bien por el impacto de los piroclastos. Las cenizas provocan daños generalizados al llegar a cubrir grandes superficies, depositándose en capas de varios decímetros y metros. Los daños pueden ser por defoliación (causan la asfixia de la hoja), rotura de ramas y copas al no poder soportar el peso de las cenizas acumuladas o incluso pueden llegar a enterrar el pie completo si la deposición de cenizas es masiva. Por otro lado los piroclastos causan de forma más azarosa la rotura de guías y ramas, y generan amplias heridas en el fuste, dejando a los pies como un raberón pelado (figura 2).

Además, las erupciones generan daños indirectos como la creación de nuevos suelos, en general poco estructurados y fácilmente erosionables, susceptibles de generar corrimientos de tierras (EGGLER, 1948).

Las erupciones volcánicas, en el momento de su aparición, se convierten en el factor más relevante para la vegetación en toda la zona de influencia del volcán. En las grandes erupciones la influencia del volcán abarca todo el planeta, (SALZER & HUGHES, 2007). En las erupciones del pasado de las Islas Canarias, como la anteriormente citada de Roque Nublo o la de los volcanes Garafía y Taburiente en La Palma, la isla quedaba afectada al completo. Es probable que durante largos periodos hayan ocurrido procesos de extinción a nivel insular

debidos al volcanismo, seguidos de hiatos sin actividad durante los que el terreno se recolonizaba (ANDERSON et al., 2009, CARINE, 2005).

Figura 2: Fotografías del pinar cercano a Hoyo Negro tomada días después de la erupción. Fuente: Izq., MARTEL SAN GIL 1960; Dcha., CEBALLOS y ORTUÑO, 1951.

2. Objetivos

El objeto de este estudio es determinar como el pino canario es capaz de sobrevivir a una erupción volcánica. Se pretende adquirir un conocimiento sobre la dinámica post-eruptiva tanto de los individuos como de la masa de pino canario. Con ello se trata de responder al interrogante de cuáles son las reacciones a este tipo de daños del pino canario que le llevan a lograr sobreponerse a un estrés tan significativo como es el de una erupción volcánica.

3. Metodología

- Material

Para este estudio se seleccionó uno de los lugares donde ha ocurrido uno de los más recientes procesos eruptivos, el cráter de Hoyo Negro, en la Isla de La Palma. El evento volcánico de 1949 comenzó con una débil actividad explosiva en Duraznero (situado a 800 m al S de Hoyo Negro) el 24 de junio de 1949. Dichos episodios explosivos se prolongaron en Duraznero y se abrieron dos nuevos focos de actividad: una fisura emisora de lavas en Llano del Banco (situado a 2.7 km al NNO de Hoyo Negro) y Hoyo Negro. Este último cráter comenzó su actividad el 12 de julio, y finalizó junto con la de Duraznero el día 30 de julio. La actividad volcánica de Hoyo Negro produjo una columna eruptiva de 200 m de altura y expulsó bombas parcialmente incandescentes de hasta 1 m de tamaño depositadas en un radio de 1 km de distancia (KLÜGEL ET AL., 1999, MARTEL SAN GIL, 1960, WHITE & SCHMINCKE, 1999). A diferencia de Llano del Banco y Duraznero, la erupción de Hoyo Negro fue puramente freatomagmática, es decir, una erupción meramente explosiva debido al contacto del magma con zonas freáticas sin una presencia física de flujos de lava en superficie.

El estudio se centra en la masa afectada por la erupción de este volcán y queda limitado al área de influencia más activa del volcán (1 km de radio alrededor del volcán según KLÜGEL et al., (1999)), así como de la superficie adyacente en la que el pinar no muestra daños, la masa no afectada.

El volcán alcanza su límite altitudinal a 1.936 msnm y la zona muestreada abarca hasta los 1.550 msnm. Esta área en general queda por encima del mar de nubes, por lo que la pluviosidad no es muy elevada, aunque la subida ocasional en altitud del mismo origina cambios bruscos de humedad. En cuanto a la fisiografía, el factor más influyente son las acusadas pendientes (en muchos casos superiores al 50%), en general tanto mayores cuanto más cerca del cráter, así como la presencia de numerosos barrancos originados por las escorrentías que erosionan los materiales sueltos depositados por el volcán.

- Métodos

El estudio se ha dispuesto en dos fases de trabajo: a) la recopilación y análisis de la información cartográfica, y b) muestreo en campo.

a) Información cartográfica:

A la hora de examinar la zona de influencia del volcán se recopiló la información disponible para caracterizar dicha zona. La tarea se basó en la obtención de los vuelos fotogramétricos para, de esta forma, poder georreferenciar los pies que supuestamente habrían sobrevivido tras la erupción. El vuelo más antiguo encontrado fue el del año 1963 en el que se aprecia la situación de la masa 14 años después de la erupción. Se digitalizó la ubicación de todos los pinos presentes y se comparó con las ortofotos de 1983 y 2009-2010. Se generaron mapas de densidades con un radio de 15 metros en celdas de 2,5 m^2 para cada uno de los años. Finalmente se creó un nuevo mapa de densidades relativas comparando las densidades de los distintos años (figura 3) distinguiendo las tres zonas de la tabla 1.

Tabla 1: Características de cada zona en función de los cambios de densidad en las ortofotografías

	Densidades relativas		Nº de parcelas
	63-09	63-83	
Zona 1	< 50 %	< 50 %	4
Zona 2		>50 %	4
Zona 3	>50 %	>50 %	5
Zona 0	MASA NO AFECTADA		5

$$Celda = \frac{densidad_i}{densidad_j} \cdot 100$$

Figura 3: ecuación aplicada para establecer las diferentes zonas en función de sus variaciones de densidad

Por lo que en la zona 3 no habría diferencias significativas en el número de árboles desde 1963. En la zona 2 la mayor parte de los árboles de la actualidad estarían presentes ya desde 1983. Y por último la zona 1 indicaría áreas donde la mayor parte de los árboles son visibles únicamente en la ortofoto de 2009. Estas 3 zonas pertenecerían a la masa afectada por el volcán (figura 6). Por otro lado, la zona 0 incluye toda el área fuera del alcance de la acción más directa de la erupción de Hoyo Negro, la masa no afectada.

b) Muestreo en campo

La caracterización de la masa se ha llevado a cabo a partir del replanteo de 18 parcelas de muestreo en función de las zonas anteriores, y de las posibilidades del terreno (existen

muchas áreas prácticamente inaccesibles por su fisiografía). Se eligieron parcelas circulares, por sus mayores ventajas, y con un radio de 15 metros con el fin de que quedaran incluidos un mínimo de 10 árboles por parcela.

Las parcelas se distribuyeron entre las distintas zonas definidas, con un muestreo de mayor intensidad en las zonas de menores densidades. Con ello quedan 13 parcelas dentro de la masa afectada y 5 en la masa no afectada. Las 5 parcelas control se ubicaron a partir de 1 km de distancia del cráter. Distancia que, según KLÜGEL et al., 1999 y la posterior comprobación in situ, se encontraba fuera del radio de acción de la erupción.

Localizadas y georreferenciadas las parcelas, su replanteo conllevó la anotación y medición de parámetros los dasométricos: perímetro normal, altura total, altura del primer verticilo vivo, diámetro de copa, número de heridas, y la presencia de conos. Los árboles fueron georreferenciados con su rumbo y distancia al centro de la parcela.

Además se barrenaron 24 árboles seleccionados en las ortofotografías por ser visibles únicamente en la ortofotografía de 2009 (etiquetados como 09), o también visibles en la de 1983 (etiquetados como 83). Los testigos se prepararon (lijado y escaneado) y se contaron sus anillos, para estimar su año de incorporación a la masa. El conteo se realizó sobre la imagen escaneada en alta resolución (2400ppp). El número de árboles barrenados se ajustan a un muestreo menor del deseado por los problemas que se tuvieron al coincidir el periodo de trabajo de campo con los grandes incendios del verano de 2012 en La Palma

4. Resultados

Los datos obtenidos del conteo de anillos de las barrenas (figura 4) muestran una pérdida de anillos generalizada. En el caso de los árboles 83, únicamente dos de ellos llegaban al mínimo de los 29 anillos correspondientes a su observación en la ortofotografía de 1983. Y uno de ellos, el árbol 83-*04*, tiene una pérdida de al menos 15 anillos (el testigo contiene el centro del árbol), un número mayor de los 14 que presenta.

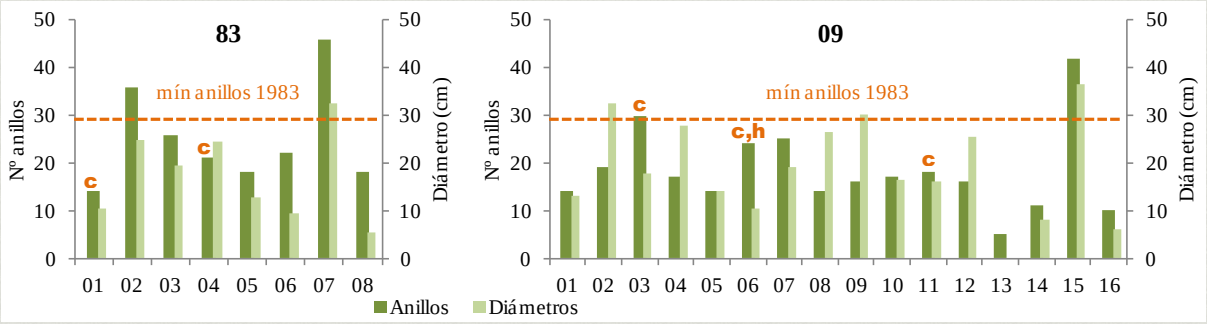

Figura 4: Nº de anillos y diámetros de los árboles 83 y 09 barrenados. La línea discontinua indica el número de anillos esperados encontrar en un árbol presente en 1983. c: el canutillo contenía la medula del árbol; h: presencia de herida.

Entre los árboles 09, destaca el 09-*15* con 42 anillos, por lo que en 1983 contaría con al menos 13 (siempre que no hubiera perdido ningún anillo) y por lo tanto un radio mínimo de 3,5 cm (diámetro normal aproximado de 7,0 cm). Aun así no es visible en la ortofotografía de 1983, mientras que árboles como el 83-*12* y 83-*16* con un diámetro actual de 9,55 y 5,41 cm respectivamente, eran visibles en la ortofoto de 1983. Además, el árbol 09-*06* presenta una

herida en sus anillos centrales de 1,5 cm. Ésta es de similar aspecto a las ocasionadas por los piroclastos (figura 5). Y el árbol 09-*16* posee una herida abierta de 3 x 10 cm a 1,2 m del suelo en proceso de cicatrización.

Figura 5: Arriba: sección de un árbol herido por el volcán de Hoyo Negro (Fuente: MIRANDA,2011). Abajo: testigo del árbol 09-06. Ambas presentan unas "pestañas" en los extremos de la herida. Esto es debido a la eliminación de una parte del xilema en el momento del impacto del piroclasto, que ocasiono este escalón y el astillado de los bordes de la herida..

En cuanto a los resultados de las parcelas (figura 6), las distribuciones diamétricas (figura 7) de las mismas en las zonas 3 y 0 se ajustan a una normal, curva propia de masas regulares. Sin embargo las zonas 1 y 2 (mayor parte de los árboles visibles en una y dos ortofotos más recientes respectivamente) tienen una distribución propia de masas irregulares, con una mayor proporción de individuos de menores diámetros (tabla 2). Es decir, las áreas de control muestran que, en condiciones normales, el pinar se asimila a una masa regular. Por el contrario dentro de la zona afectada, las zonas tanto de tipo 1 como 2, presentan una mayor proporción de individuos en las clases diamétricas menores. Las zonas tipo 3, aun habiendo sido afectadas por la erupción, se van aproximando al estado de masa regular que tiene este pinar, como denotan las parcelas de control.

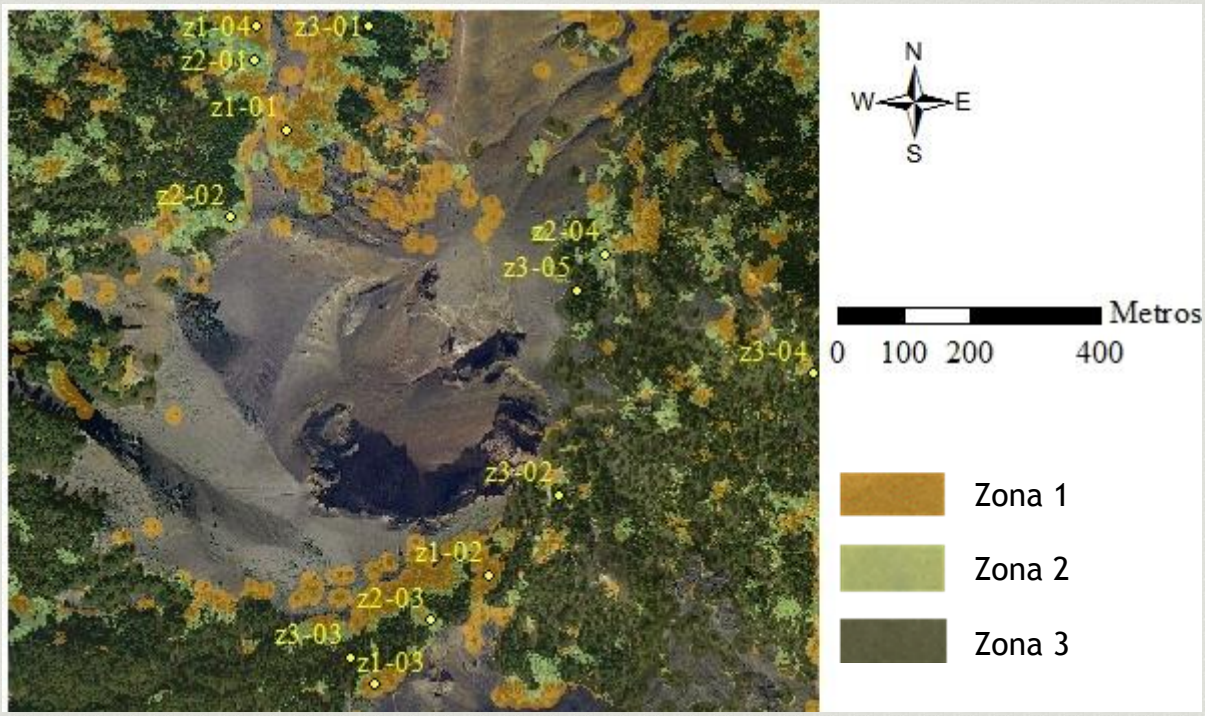

Figura 6: Masa afectada por Hoyo Negro (cráter en el centro de la figura). Zonas 1, 2 y 3 y ubicación de las parcelas.

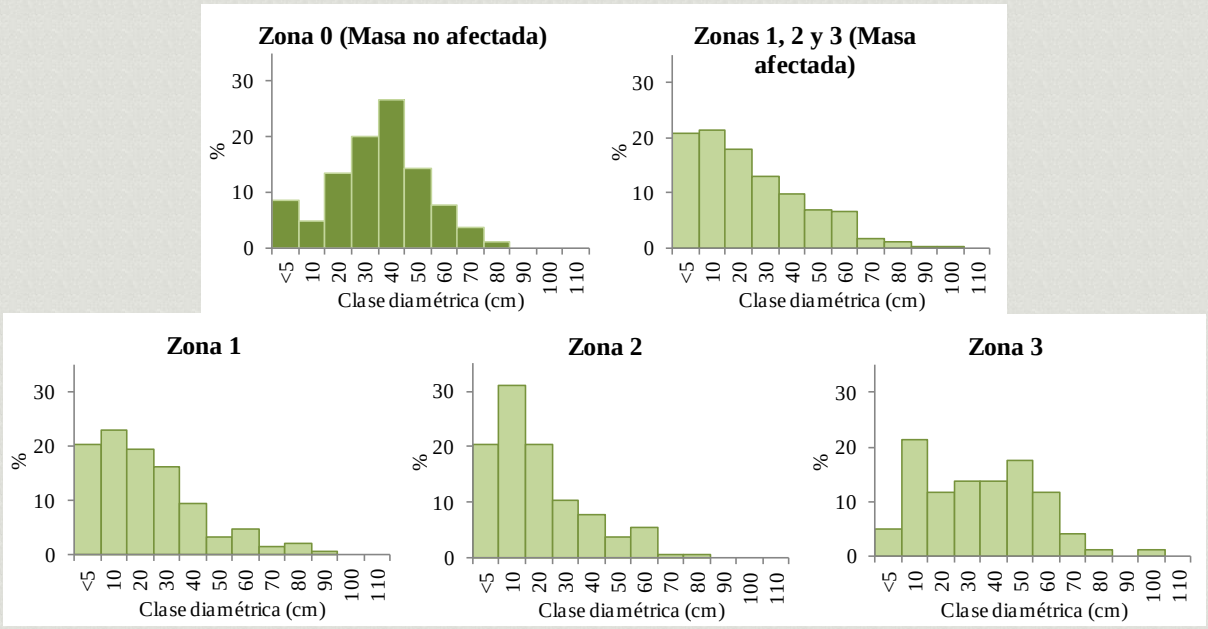

Figura 7: Distribuciones diamétricas por zonas.

Tabla 2: Test de de normalidad

	P-valores		
	X^2 de Pearson	W de Shapiro-Wilk	Kolmogorov
Zona 0	0,734	0,387	0,992
Zona 1	0,000	0,000	0,048
Zona 2	0,000	0,000	0,001
Zona 3	0,111	0,132	0,924

En la tabla 3, se observan las tendencias que ya marcaban las distribuciones diamétricas. Las parcelas de las zonas afectadas en general presentan unas menores fracciones de cabida cubierta, y menores áreas basimétricas. La zona 3 vuelve a presentar semejanzas con la masa no afectada, con diámetros de fuste y de copa similares a los de la zona 0, y siendo la de mayor fracción de cabida cubierta del área afectada. Las zonas 1 y 2 por el contrario presentan unos valores menores en grosores de fuste y de copa, además de tener mayores densidades.

Como muestra la tabla 3 la presencia de piñas es nula en la masa no afectada y muy escasa en las parcelas que si lo fueron. Además los individuos que sí poseen conos, los tienen en baja cantidad, en muchos casos encontrándose en números menores de 5 piñas por pie. La parcela z2-*02* es la única con una proporción algo más elevada de individuos que además poseían un número mayor de piñas por individuo, nunca superando la veintena.

De vuelta a la tabla 3, también se aprecia que las muestras del volcanismo, siguen presentes en las parcelas afectadas, mostrando heridas abiertas aún después de 63 años y con mayor frecuencia marcas en las guías originarias, normalmente con su parte distal seca y partida.

Tabla 3: Resumen de los parámetros medidos. D_n: Diámetro normal; h: altura; D_c: Diámetro de copa; FCC: Fracción de cabida cubierta; G: área basimétrica; % piña/heridas/guías dañadas: presencia pies con piñas/heridas/guías dañadas

	Categorías		D_n (cm)	h (m)	D_c (m)	pies/ ha	FCC	G	% piñas	% heridas	% Guías dañadas
Masa no afectada	Zona 0	$\bar{x}$	36,7	17,2	5,3	372,5	107,4	47,6	0,0	0,0	0,8
		σ	16,9	6,6	3,0						
Masa afectada	Zona 1	$\bar{x}$	25,9	10,4	3,7	452,7	69,0	35,1	10,5	3,8	7,5
		σ	19,2	6,6	2,5						
	Zona 2	$\bar{x}$	20,8	8,9	3,2	544,7	63,4	31,0	17,5	7,7	16,6
		σ	17,1	6,3	2,2						
	Zona 3	$\bar{x}$	36,8	13,2	5,3	263,1	73,6	35,9	17,8	7,4	34,8
		σ	19,7	5,7	2,8						

5. Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se pueden discutir los procesos que entran dentro de la dinámica poblacional del pinar en la zona de influencia más activa del volcán. El elemento más distintivo es la presencia de una mayor proporción de las clases diamétricas más bajas. Estos individuos de menor tamaño aparecen en mayor medida en las áreas que han mostrado cambios en las ortofotografías más recientes, las zonas 1 y 2. La zona 3 que apenas muestra cambios en las ortofotografías marca el punto de inflexión. Es una zona en la que los pies se han recuperado mas prontamente y, a pesar de haber sido afectada por el volcán, su estructura se asemeja más a la de una masa regular como son las de la zona 0. Aun así la zona 3 sigue manteniendo una proporción elevada de las dos clases diamétricas inferiores, 26% frente al 14% de la zona 0. Los mayores cambios en esta zona ocurrieron entre la erupción en 1949 y la toma de la primera ortofotografía, 1963. Sin embargo las zonas 1 y 2 han tardado un mayor periodo de tiempo en comenzar su recuperación, posiblemente por haber resultado más dañadas durante la erupción.

Atendiendo además a los datos proporcionados por el conteo de anillos, sabemos que los árboles han tenido una gran pérdida de crecimiento. Esta ausencia de anillos es acorde con los datos obtenidos en trabajos anteriores (MIRANDA, 2011). En este trabajo se dispuso de las rodajas de dos árboles afectados por el volcán que mostraban una ausencia de 14 y 25 anillos en el leño desde las heridas visibles del volcán, hasta el momento de su apeo (figura 8). La ausencia puntual de anillos es habitual en el pino canario (GÉNOVA y SANTANA, 2006) e incluso frecuente en estado adulto si el individuo se ve sometido a estrés climático como indica JONSSON et al., 2002 con un máximo del 36% de anillos ausentes. En nuestro caso, tenemos la certeza de la ausencia elevada de anillos en los árboles 83. En el individuo más extremo, el 83-*04*, la ausencia es al menos del 51%. La misma ausencia elevada de anillos se puede aplicar a los árboles 09. El árbol 09-*06* muestra una herida de aspecto similar a las causadas por piroclastos, situada 17 anillos antes del momento de su barrenado.

Esta ausencia tan elevada de anillos únicamente se puede deber a una gran perturbación como fue la erupción de Hoyo Negro. Como se observa en la figura 2, después de la erupción los pies quedan privados completamente de acículas e incluso de ramas, con graves heridas en el tronco. El rebrote se origina a los pocos días, para recuperar la actividad fotosintética. Tanto el rebrote como la duraminización de las heridas abiertas por el volcán, requieren de las

reservas almacenadas por el pino. Estos dos procesos junto con la recuperación de las reservas son prioritarios frente al crecimiento en grosor. Además, el pie no tiene la necesidad de aumentar su grosor, pues posee un fuste de dimensiones muy superiores a las necesarias para su nueva estructura de copa, tanto para los esfuerzos mecánicos de los nuevos brotes, como para las necesidades de conducción del xilema para los mismos.

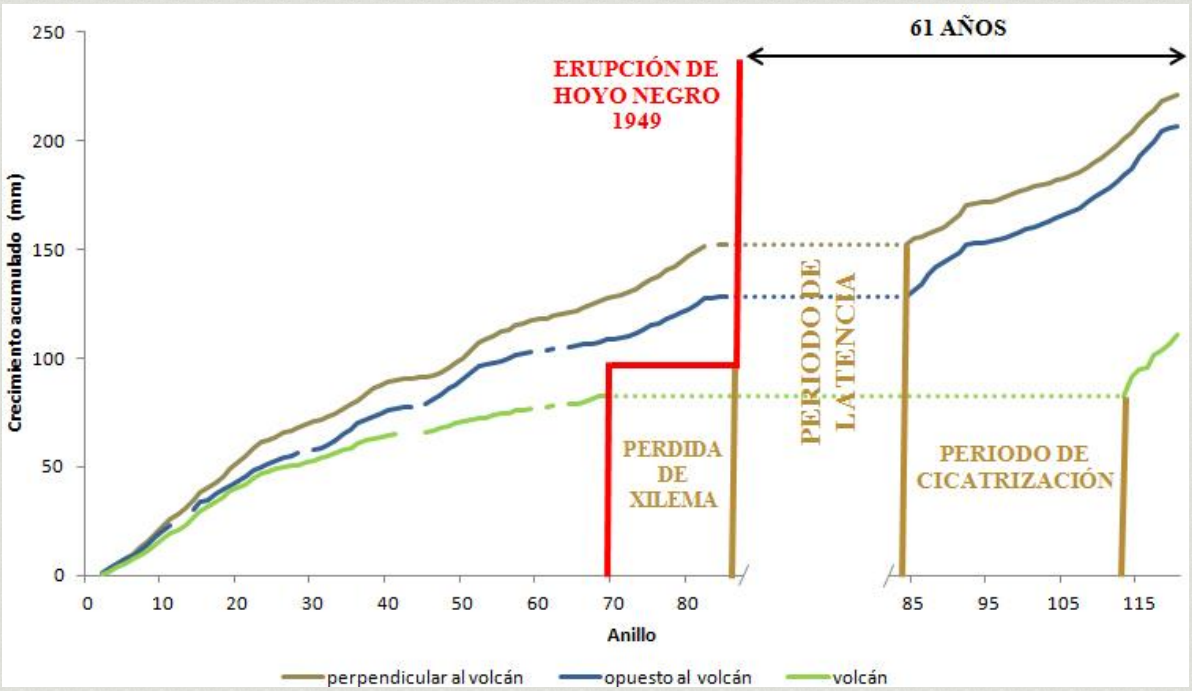

Figura 8: Anillos y crecimientos de la sección basal de uno de los árboles de estudio en MIRANDA, 2011. Se muestran 3 radios medidos (dirección al volcán, la perpendicular y la opuesta), uno de los cuales presentaba una herida (volcán).

Esta nueva estructura de pies de un raberón con brotes se prolonga en el tiempo hasta la recuperación total del pino, a partir de la cual continúa con un crecimiento normal, generando una nueva copa al vigorizar los brotes y recuperando el crecimiento anual. Es por la menguada copa y pérdida de anillos, por lo que aparece esa discordancia entre ortofotografías y anillos. Los árboles afectados con pequeñas copas no son visibles en la ortofotografía del 63 por su baja resolución, al igual que ocurre con la del 83, aunque su resolución es mayor. En la ortofoto de 2009-2010 de máxima resolución son visibles todos los árboles, incluso aquellos que siguen en sin haberse recuperado completamente, presentando una copa muy escasa y en forma de pequeños brotes.

A nivel de estructura de la masa, la erupción volcánica actúa de forma que genera un "rejuvenecimiento" del pinar. Los diámetros se quedan estancados, los graves daños impiden que los pies se desarrollen. Las alturas de los árboles disminuyen, pues los impactos de los piroclastos puntisecan o rompen las guías. Las copas disminuyen en volumen por la misma razón. A fin de cuentas la erupción origina un efecto equiparable a un estancamiento en cuanto a parámetros dasométricos. Pero al ser una perturbación heterogénea en el espacio, estos árboles "rejuvenecidos" conviven con árboles que por azar han resultado menos afectados, y han recuperado su crecimiento habitual con mayor rapidez.

A pesar de que la intensidad de muestreo fue menor de la deseada, se confirma la existencia de una gran ausencia de anillos observada en trabajos previos (MIRANDA, 2011)

con la comparación de las ortofotografías y los testigos, y con la presencia de heridas de la erupción en uno de ellos. Además de aumentar la muestra de estos árboles, quedarían por barrenar los árboles visibles en las tres ortofotos desde la del 63, que se tomarían a modo de control al tener la certeza que sufrieron la erupción. Este trabajo se realizará en la próxima visita a la isla de La Palma.

6. Conclusiones

El pino canario es capaz de sobrevivir a los efectos de una erupción volcánica. Tras sufrir graves daños, entra en un estado de "latencia", sin crecimiento radial, reponiéndose y manteniendo una escasa copa consistente en los brotes generados después de la perturbación.

Esta especie es capaz de mantenerse en ese estado durante muchos años, dando lugar al predominio de las clases diamétricas menores que se asemejan a un falso regenerado: estas clases diamétricas tienen un origen anterior a la perturbación, y quedan a la espera de su completa recuperación para continuar con su desarrollo.

La discordancia entre número de anillos, y observaciones de los árboles en las distintas ortofotografías, revela que una gran perturbación, como es la de una erupción volcánica, genera unos daños muy graves en el árbol que repercuten en su desarrollo durante largos periodos de tiempo, pero que esta especie es capaz de superar.

Por otro lado, la gran longevidad de *P. canariensis*, facilita la posibilidad de que los individuos puedan tener que enfrentarse a dos o más erupciones a lo largo de su vida. Esto ha podido ocurrir en la actualidad con las erupciones históricas en los pinos de más edad del área de Hoyo Negro. Pero también es probable que ocurriera en el pasado, durante la formación de las Canarias, cuando el volcanismo era de mayor fuerza y más frecuente.

7. Agradecimientos

Este estudio ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (AGL2009-10606). Agradecemos también al Cabildo y al servicio forestal de La Palma su interés por este proyecto y las grandes facilidades que nos han concedido para realizar el trabajo de campo.

8. Bibliografía

ANDERSON, C.L.; CHANNING, A.; ZAMUNER, A.B; 2009. Life, death and fossilization on Gran Canaria - implications for Macaronesian biogeography and molecular dating. *J BIOGEOGR* 36 2189-2201.

CARINE, M.A; 2005. Spatio-temporal relationships of the Macaronesian endemic flora: a relictual series or window of opportunity? *TAXON* 54 895-903.

CEBALLOS, L.; ORTUÑO, F; 1951. Estudio sobre la flora y vegetación forestal de las Canarias Occidentales. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 465. Madrid.

CLIMENT, J.; GIL, L.; PARDOS, J.A; 1998. Xylem anatomical traits related to resinous heartwood formation in Pinus canariensis Sm. *TREES-STRUCT FUNCT* 12 139-145.

DGB; 1977-2010. Los incendios forestales en España (informes de 1977 a 2010). Madrid.

EGGLER, W.A; 1948. Plant communities in the vicinity of the volcano El Parícutin, Mexico, after two and a half years of eruption. *Ecology* 29 415-436.

GARCÍA-TALAVERA, F.; SÁNCHEZ-PINTO, L.; SOCORRO, S; 1995. Vegetales fósiles en el complejo traquítico-sienítico de Gran Canaria. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias* 7 77-91.

GARCÍA, A; 2011. Creación de series temporales de cartografía de niveles isoceráunicos para el territorio nacional a escalas 1/1.000.000 y 1/100.000 a partir de los rayos observados por la AEMET. Universidad Politécnica de Madrid. 87. Madrid.

GÉNOVA, M.; SANTANA, C; 2006. Crecimiento y longevidad en el pino canario ("Pinus canriensis" Smith). *Investigación agraria.Sistemas y recursos forestales* 15 296.

GÉNOVA, M.; SANTANA, C.; MARTÍN, E; 1999. Longevidad y anillos de crecimiento en el Pino de la Virgen (El Paso, La Palma). *Vegueta* 4 27-32.

JONSSON, S.; GUNNARSON, B.; CRIADO, C; 2002. Drought is the major limiting factor for tree-ring growth of high-altitude Canary Island pines on Tenerife. *GEOGR ANN A* 84A 51-71.

KEELEY, J.; ZEDLER, P; 1998. Life history evolution in pines. En: RICHARDSON D.M.: Ecology and biogeography of Pinus. 219−242. Cambridge University Press. Cambridge.

KLÜGEL, A.; SCHMINCKE, H.U.; WHITE, J.D.L.; HOERNLE, K.A; 1999. Chronology and volcanology of the 1949 multi-vent rift-zone eruption on La Palma (Canary Islands). *J VOLCANOL GEOTH RES* 94 267-282.

MARTEL SAN GIL, M; 1960. El Volcan de San Juan. Talleres de Artes Graficas-TPA. 239. Madrid.

MARTÍ, J; 2001. Curso: Los Volcanes de Tenerife, Libro de apuntes.

MIRANDA, J.C; 2011. Estudio de la respuesta de *Pinus canariensis* Chr. Sm. ex DC. a la erupción del volcán de Hoyo Negro (La Palma, 1949). Universidad Politécnica de Madrid. 92. Madrid.

NAVASCUES, M.; VAXEVANIDOU, Z.; GONZALEZ-MARTINEZ, S.C.; CLIMENT, J.; GIL, L.; EMERSON, B.C; 2006. Chloroplast microsatellites reveal colonization and metapopulation dynamics in the Canary Island pine. *MOL ECOL* 15 2691-2698.

PERRY, J.P; 1991. The pines of México and Central America. Timber Press. 231. Portland.

RODRIGUEZ-TREJO, D.A.; FULE, P.Z; 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. *INT J WILDLAND FIRE* 12 23-37.

RUIZ DE LA TORRE, J; 2006. Flora mayor. Organismo Autónomo Parques Nacionales. 1756. Madrid.

SALZER, M.W.; HUGHES, M.K; 2007. Bristlecone pine tree rings and volcanic eruptions over the last 5000 yr. *QUATERNARY RES* 67 57-68.

VERA, J.A; 2004. Geología de España. Sociedad Geológica de España, Instituto Geológico y Minero de España. 884. Madrid.

WHITE, J.D.L.; SCHMINCKE, H.U; 1999. Phreatomagmatic eruptive and depositional processes during the 1949 eruption on La Palma (Canary Islands). *J VOLCANOL GEOTH RES* 94 283-304.