



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

TRABAJO FIN DE GRADO



FACULTAD DE
FILOSOFÍA Y LETRAS

<<Eco-geomorfología del incendio forestal de Sierra Bermeja 2021>>

<<Eco-geomorphology of Sierra Bermeja forest fire 2021>>

Autor: Manuel Jesús Perales Vallejo

Tutor: Dr. Juan Francisco Martínez Murillo

GRADO EN GEOGRAFÍA Y GESTIÓN DEL TERRITORIO

Curso: 2021/2022

Fecha de presentación: Junio/Julio

El autor declara que su trabajo es original, fruto de su exclusivo esfuerzo personal, que respeta las normas de estilo establecidas para los TFG de la titulación y que en él se han citado debidamente las fuentes utilizadas y no se incurre en ningún supuesto de mala praxis científica. Asimismo, se compromete a respetar los derechos de propiedad intelectual y explotación industrial que eventualmente pudieran corresponder al tutor.

AGRECIAMIENTOS

A mi Tutor, el Dr. Juan Francisco Martínez Murillo por ser un pilar fundamental de este Trabajo de Fin de Grado, por aportarme sus conocimientos, por prestar sus horas de dedicación e inculcarme los valores fundamentales de esta pasión, la Geografía.

A mi familia, por ser mi apoyo fundamental desde niño y confiar en mí, siendo siempre mi motor esencial en los peores momentos. Y a Mónica Jiménez Orozco por ser parte esencial de mi constancia y esfuerzo.

A mis compañeros Jesús Sánchez Galindo, José Antonio Guerrero Molero y Rocío Macías Lucena, por ser mis acompañantes incondicionales durante estos cuatro años y mis compañeros de fatigas en los peores momentos, sin ustedes nada fuese sido igual.

A mis compañeros y tutores del Instituto de Geomorfología y Suelos, gracias a ustedes estoy comprendiendo que es este mundillo de la Geografía y el buen compañerismo. Gracias por el apoyo incondicional que me habéis inculcado en estos últimos meses.

A la gran familia académica que se ha conformado a lo largo de estos cuatro años y a todo el personal docente del Grado de Geografía y Gestión del Territorio, porque sin vosotros no hubiese sido posible alcanzar el final de esta increíble experiencia.

Gracias de corazón a toda y cada una de las personas que ha hecho posible que consiga realizar este TFG y poder alcanzar el sueño que tenía desde pequeño, ser geógrafo.

ÍNDICE.

1. INTRODUCCIÓN.....	6
2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....	8
2.1. El sistema eco-geomorfológico.....	8
2.2. Impacto eco-geomorfológico de los incendios forestales.....	10
2.3. Dimensión territorial de los incendios forestales.....	12
2.4. Hipótesis de la investigación y objetivos.....	13
3. Área de estudio.....	14
3.1 Medio Físico.....	14
3.1.1 Contexto geográfico y localización.....	14
3.1.2 Relieve, litología, geomorfología y pendientes.....	15
3.1.3 Climatología.....	20
3.1.4 Hidrología.....	21
3.1.5 Edafología y vegetación.....	23
3.6 Fauna.....	27
3.2 Medio Humano.....	28
3.2.1 Características del medio humano y usos del suelo.....	29
4. METODOLOGÍA.....	30
4.1. Fuentes de información geográfica.....	31

4.2. Técnicas espaciales de análisis.....	32
4.2.1. Tratamiento y análisis de imágenes de satélite y ortofotos aéreas.....	32
4.2.2. Tratamiento y análisis cartográfico.....	32
4.3. Análisis estadístico y cálculos de índices.....	33
5. RESULTADOS.....	33
5.1 Evolución histórica y dinámica territorial de los incendios forestales en Sierra Bermeja, periodo desde el 1950 hasta 2021.....	33
5.2. Análisis del Índice de Severidad del Fuego e Índice Normalizado de Vegetación.....	40
5.3. Descripción eco-geomorfológica del área quemada.....	44
5.3.1 Contexto, áreas afectadas y dimensión del incendio.....	44
5.3.2. Topografía.....	46
5.3.3. Geología y Geomorfología.....	48
5.3.4. Vegetación y edafología.....	48
5.3.5. Fauna.....	49
5.3.4. Usos e infraestructuras humanas.....	51
6. CONCLUSIONES.....	52
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
8. WEBGRAFÍA.....	65
9. ANEXOS.....	68
ANEXO II. TABLAS	68
ANEXO III. CARTOGRAFICO.....	69
ANEXO IV. FOTOGRAFICO.....	74

RESUMEN

Sierra Bermeja es uno de los ecosistemas mediterráneos de mayor diversidad medio ambiental y uno de los mayores entornos con un afloramiento ultramáfico en su superficie. Pero, este frágil entorno serpentínico ha entrado, desde mediados de los años setenta, en una dinámica negativa basada en el completo abandono de estas sierras, con el consiguiente, aumento medio de incendios forestales.

Por lo tanto, el presente estudio se centra en el incendio producido el 8 de septiembre de 2021 en Sierra Bermeja y que conllevó la destrucción de 8.401 hectáreas en su superficie, estableciéndose como unos de los primeros incendios de sexta generación de España. El objetivo principal de este estudio es realizar un análisis eco-geomorfológico del incendio Bermejense, apoyado sobre una evolución de los históricos incendios producidos en este macizo desde el año 1950 hasta la actualidad, una dinámica territorial que demuestre ese crecimiento negativo y la aplicación de técnicas de teledetección especial. Todo esto, para cotejar un amplio análisis del incendio y así poder mostrar una idea aproximada de la afección provocada por este y marcar las potencialidades que han quedado completamente calcinadas.

Palabras-claves: Sistema eco-geomorfológico, ecosistemas mediterráneos, incendios forestales, Sierra Bermeja

ABSTRACT

Sierra Bermeja is one of the Mediterranean ecosystems with the greatest environmental diversity and one of the largest environments with an ultramafic outcrop on its surface. However, this fragile serpentine environment has entered, since the mid-seventies, into a negative dynamic based on the complete abandonment of these sierras, with a consequent, average increase in forest fires.

Therefore, the present study focuses on the fire that occurred on 8 September 2021 in Sierra Bermeja and which led to the destruction of 8,401 hectares in its area, establishing itself as one of the first sixth-generation fires in Spain. The main objective of this study is to carry out an eco-geomorphological analysis of the Bermeja fire, based on an evolution of the historical fires that have occurred in this massif from 1950 to the present day, a territorial dynamic that demonstrates this negative dynamic and the application of special remote sensing techniques. All this, in order to collate a broad analysis of the fire and thus be able to show an approximate idea of the effect caused by it and to mark the potentialities that have been completely burnt.

Key-words: Eco-geomorphological system, Mediterranean ecosystems, forest fires, Sierra Bermeja

1. INTRODUCCIÓN.

En el presente Trabajo Fin de Grado se pretende realizar un análisis eco-geomorfológico del incendio acontecido en Sierra Bermeja en el año 2.021. Al ser considerado uno de los primeros incendios de sexta generación y haber supuesto el séptimo incendio que más hectáreas ha calcinado en España en este último siglo. Este grave acontecimiento ha supuesto un gran golpe para los municipios serranos, ya que han visto como, gran parte, de sus aprovechamientos económicos basados en la relación hombre-medio han quedado completamente calcinados.

El constante crecimiento urbanístico a los pies de este macizo, como consecuencia, del amplio aumento de la llegada de turistas a nuestro litoral Mediterráneo, está suponiendo un incremento incesante del número medio de los incendios forestales en estas sierras. Todo esto, será demostrado, a través de un análisis pormenorizado de la dinámica territorial de los incendios forestales en Sierra Bermeja en el periodo establecido entre 1.950 y 2.021. Del cual, se obtendrán una serie de conclusiones de la alarmante dinámica que se está estableciendo con un total de 33 incendios en los últimos 72 años.

Una vez analizada la dinámica de los incendios producidos en Sierra Bermeja, la temática pasará a centrarse en el incendio del año 2.021, por consiguiente, habrá que establecer una descripción eco-geomorfológica del área quemada, centrándose en los diferentes rasgos físicos (Topografía, geología, edafología, formaciones vegetales y fauna) y humanos (Usos e infraestructuras humanas afectadas), para poder conseguir una idea aproximada de la afección provocada por el incendio y marcar las potencialidades que han quedado completamente calcinadas.

Además, se van a aplicar métodos de Sistemas de Información Geográfica a este trabajo como es la teledetección espacial. Con el objetivo de establecer un análisis espacial del área incendiada, a través del tratamiento de imágenes satelitales, con lo cual, se va a realizar un análisis de la severidad del fuego e Índice Normalizado de Vegetación. Todo esto, cotejará un amplio análisis del incendio del año 2021. Asimismo, todo el estudio será cumplimentado por una serie de cartografía que otorgará una visión holística e integradora del área de estudio.

El principal objetivo de este trabajo es analizar el incendio del año 2021 desde una perspectiva geográfica y espacial mediante la previa realización de una dinámica territorial y evolución de los incendios forestales en el área de estudio, para poder establecer unas ideas y conclusiones principales sobre este frágil entorno serpentínico. Con el fin de aplicar toda y cada una de las competencias obtenidas en el Grado de Geografía y Gestión del Territorio y ser capaz de concienciar a la ciudadanía de la consecuencia de un incendio de esta envergadura y de la negativa dinámica en la que se está viendo sumergida los ecosistemas mediterráneos.

Este estudio sobre Sierra Bermeja surge debido al gran arraigo del autor con esta zona, viendo cómo, en tan solo una semana, una parte esencial de su entorno natal acaba completamente calcinado. Por ello, para la ejecución de este estudio, me he basado en la introducción de datos de base estadística y cuantitativa junto a conocimiento otorgado por las fuentes bibliográficas consultadas y a un soporte cartográfico detallado, sin dejar atrás, la realización de un exhaustivo trabajo de campo y la aplicación de métodos de teledetección espacial.

Por lo tanto, para la realización de este trabajo, se han aplicado una serie de competencias obtenidas durante la realización del Grado, como son:

- Una revisión bibliográfica del sistema eco-geomorfológico, centrado en los ecosistemas Mediterráneos, y sobre la afección de los incendios forestales en estas áreas y su dimensión territorial.

- Un estudio sobre el ámbito de estudio, centrado en el análisis de los aspectos del medio físico y humano, a través de fuentes bibliográficas y estadísticas.

- Metodología de las fuentes de información, técnicas espaciales de análisis y análisis estadístico y cálculos de índices.

- Presentación de los resultados: Evolución histórica y dinámica territorial de los incendios forestales producidos en Sierra Bermeja, periodo desde el 1950 hasta 2021, descripción eco-geomorfológica del área quemada y análisis de la severidad del fuego e Índice Normalizado de Vegetación.

- Conclusiones, en base, a los objetivos marcados y los resultados obtenidos.

- Por último, los Anexos de tablas, cartográfico y fotográfico.

2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.

Para realizar una oportuna revisión bibliográfica, se ha optado por la división de este apartado en diferentes partes. En primer lugar, se va a establecer una revisión sobre el sistema eco-geomorfológico, marcando los principales problemas del sistema en las áreas mediterráneas. En segundo lugar, se va a exponer dos apartados sobre los incendios forestales, por un lado, su efecto sobre el sistema eco-geomorfológico, y, por otro lado, la dimensión de estos. Todo esto, con el fin de tratar los principales conceptos sobre los que se va a interceder en este Trabajo de Fin de Grado.

2.1. El sistema eco-geomorfológico.

El sistema eco-geomorfológico se puede definir según Lavee et al., (1998) como aquellos mecanismos de respuestas llevado a cabo por el sistema conformado por el suelo, la vegetación, el agua, el clima y la topografía, y que está produciendo cambios en las condiciones climáticas en la dirección de una creciente aridez.

Pero, estas cinco variables que conforman y actúan en el medio físico no interactúan de una manera independiente, sino que interaccionan entre sí, a través de diferentes procesos. La forma en la que se presentan en el medio y la serie de procesos que interrelacionan a estas variables conforman un sistema (estos procesos son cambiantes en el tiempo y espacio), este recibe el nombre de sistema eco-geomorfológico (Hueso, 2017). De la misma forma, el principal modelador e interactor del medio es el ser humano, que desde su aparición sobre la tierra se ha relacionado con el medio a su antojo, por lo tanto, a través de su actividad conforma parte del sistema eco-geomorfológico (Lavee et al. 1998).

La región Mediterránea andaluza se localiza en una zona de transición entre dos dinámicas climatológicas completamente diferentes, una al norte de África con un clima árido y temperaturas elevadas, y otra en Europa central con un clima suave, pero con un elevado número de precipitaciones, con lo cual, se produce la interacción entre un clima baldío sometido por procesos tropicales y otro con un clima templado (Giorgi y Lionello, 2008). Por lo que, actualmente, el mundo está siendo afectado por un cambio climático como consecuencia de los efectos antropogénicos. Este efecto está incitando un cambio en las dinámicas generales de la circulación atmosférica, lo que está produciendo sobre las áreas mediterráneas una serie de problemáticas que están derivando en un proceso de degradación del sistema eco-geomorfológico mediterráneo (Aguilera et al. 2013).

En las áreas mediterráneas, los principales parámetros que definen el sistema eco-geomorfológico son las temperaturas y las precipitaciones (Hueso, 2017). Por lo tanto, si nos centramos en el estudio de estos indicadores se puede destacar dos problemáticas, como causa de los efectos antropogénicos. Por un lado, el aumento ineludible de las temperaturas, tanto de las máximas como de las mínimas (Sinoga et al. 2015). Según el sexto informe del IPCC (2021), las temperaturas a nivel global, debido al calentamiento global, se van a aumentar

entre 1,5 °C y 2 °C antes de finalizar el actual siglo XXI, debido a la incesante emisión de gases de efecto invernadero. Además, en la guía de escenarios regionalizados de cambio climático realizado por Amblar et al. (2017), también muestra que en la Península Ibérica las temperaturas mínimas y máximas van a acrecentar durante el siglo actual, y que las estaciones de verano y otoño van a padecer un aumento de sus temperaturas mucho más prominente que las temperaturas de primavera e invierno.

Volviendo a las áreas mediterráneas, si nos centramos en el aspecto climático, esta es una de las zonas más afectadas ya que según el informe realizado por Cramer et al., (2020), las temperaturas ya han aumentado en 1,5 °C si se empieza a contabilizar desde el periodo donde no existía la industrialización (período entre 1850 y 1900). Por lo que, en esta región la temperatura ha aumentado un 20% más rápido que el resto de las áreas del planeta. Por último, las proyecciones para el año 2040 sitúan el aumento de las temperaturas en 2,2 °C aproximadamente y en el año 2100 se estima que alcance los 3,8 °C.

Por otro lado, otra de las problemáticas se localiza en la variable pluviométrica, ya que, según el IPCC del 2013, los cambios que se van a producir en el ciclo del agua, como consecuencia del cambio climático, van a ser desiguales puesto que se va a efectuar un incremento en los contrastes entre las áreas húmedas y secas. Asimismo, aumentará las diferencias pluviométricas entre las estaciones. De manera que, según Sinoga et al. (2015) esto conllevará a la disminución de las precipitaciones en las áreas mediterráneas. Aunque realmente en la actualidad, entre los especialistas se vive un panorama de incertidumbre entre los cambios de precipitaciones a medio y largo plazo, porque si se analizan las principales series climáticas de los últimos 30 años, de esta zona, no se observa una disminución generalizada de las precipitaciones, pero si se observa un cambio en las pautas pluviométricas con un aumento de las precipitaciones convectivas (Olcina, 2020). Con lo cual, según Olcina (2020) se está produciendo un cambio en la circulación atmosférica debido a la disminución de velocidad de la corriente en chorro. Además, este autor también confirma que las precipitaciones de intensidad horaria ya se pueden presentar en cualquier estación del año y no, únicamente, en el mes de otoño (Olcina, 2020). Por otro lado, el IPCC (2013, 2014) también refleja que hay una tendencia a concentrarse las precipitaciones en un menor número de días, provocado por el aumento de las precipitaciones de intensidad horaria.

Desde un punto de vista geomorfológico, el descenso pluviométrico de las lluvias anuales, la disminución de la duración de los eventos de lluvia y el aumento de los intervalos secos entre los eventos de lluvia sumado al aumento de las temperaturas (mínimas y máximas) está llevando, al clima de estas áreas, a unas condiciones cada vez más áridas (Lavee et al. 1998). Esto no ocurre únicamente en Andalucía, ya que, según Sánchez et al., (2010), las tendencias para estas dos variables (pluviometría y temperatura) son similares para las proyecciones regionales realizadas para la Península Ibérica. Esto está conduciendo y va a conducir a una degradación del sistema eco-geomorfológico mediterráneo, dado que la

principal variable que se ve afectada por esto son los suelos, debido a que se reduce la disponibilidad de agua, biomasa y energía como consecuencia de la pérdida de materia orgánica en estos suelos (Lavee et al. 1998; Hueso, 2017). Esta disminución de la materia orgánica va a empobrecer los suelos haciendo que la estabilidad de agregados se vuelva aún más débil afectando a la permeabilidad del suelo (disminuyéndola) (Boix et al. 2017; Cutillas, 2018). Según Hueso (2017), a largo plazo toda esta serie de procesos degradativos del sistema eco-geomorfológico van a provocar una reducción de la biodiversidad y la riqueza, aumentando la escorrentía superficial y, con la consecuente, pérdida de suelo por la erosión de estos. Todo esto, va a favorecer los procesos de desertificación, siendo cada vez más comunes en el sur peninsular español.

Para finalizar, cabe destacar que la degradación del sistema eco-geomorfológico mediterráneo también está ampliamente relacionada con aquellas actividades antrópicas que degeneran el medio natural, como son, el sobrepastoreo, la deforestación, el abandono de los montes como consecuencia del éxodo rural, etc. Además, estas series de actividades realizadas por el ser humano alteran a una serie de factores ecológicos naturales modeladores del territorio como puede ser un incendio forestal, este tipo de factor ecológico natural actúa degenerando el sistema eco-geomorfológico (Hueso, 2017).

2.2. Impacto eco-geomorfológico de los incendios forestales.

El fuego es un *factor ecológico natural* en los ecosistemas terrestres, por lo tanto, han dado lugar a la forma actual que presentan los biomas del planeta. (Mataix y Cerdá, 2009). En la misma línea, Bodí et al. (2012) muestra que desde el Plioceno los ecosistemas mediterráneos son susceptibles a los incendios forestales y han ido evolucionando con la incesante actividad de este factor ecológico natural. Por esta razón, la evolución del paisaje y el fuego han estado siempre unidos (Moody et al. 2009)

Desde una perspectiva geográfica, es muy complicado poder tratar el daño causado por un incendio forestal que se ha producido en un determinado lugar, la dinámica de este o un análisis de la zona dañada, sin hacer referencia a estas cinco variables: el agua, el suelo, la topografía, el clima y la vegetación (Lavee et al. 1998; Hueso, 2017). Como se dijo anteriormente, estas variables conforman el sistema eco-geomorfológico, por lo que se podría afirmar que los incendios forestales son un agente histórico de la dinámica de los sistemas eco-geomorfológicos mediterráneos.

Por lo tanto, cuando sobre un territorio se produce un incendio forestal todo el sistema que lo conforma se altera (Sala y Rubio, 1994). Ya que, los incendios, en primer lugar, destruyen la cubierta vegetal en un tiempo muy limitado, provocando de manera inmediata una falta de resguardo para el suelo, en caso, de precipitaciones (Badía y Úbeda, 2013).

Aunque no se calcine la vegetación arbórea, la materia orgánica existente en superficie en los primeros centímetros del suelo, puede desaparecer como consecuencia de la combustión. Esto puede causar problemas de permeabilidad y pérdida de estructuración del suelo, sin embargo, en algunos casos, la capa ceniza puede proteger al suelo, durante un tiempo variable, de posibles procesos de erosión ocasionados por las lluvias (Zavala et al., 2009). Aun así, cuando termina por desaparecer esa protección, las gotas de la lluvias golpean directamente en el suelo (efecto splash). Pudiendo provocar un sellamiento de la superficie terrestre al fragmentarse los agregados del suelo (Wittenberg y Inbar, 2009). Como consecuencia, este sellado ejerce un cierre de los poros superficiales creando un aumento de la escorrentía superficial, esto supone un incremento de la capacidad erosiva que puede provocar la pérdida de toneladas de suelo (Badía y Úbeda, 2013).

Por lo tanto, las principales consecuencias de los incendios forestales sobre el suelo son la afección de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y la pérdida de su productividad (García et al., 2017). Todas estas afecciones generan una serie de impactos sobre estos, como son: la erosión de los suelos, con la consecuente, reducción de la infiltración y aumento de la escorrentía superficial e hidrofobicidad (Caon, 2014); la disminución de los nutrientes y reducción de la materia orgánica debido a que se produce una pérdida de los microorganismos encargados de descomponer los compuestos orgánicos; y, por último, la variación y alteración de la vegetación (Mataix et al., 2011).

Dentro de una cuenca hidrográfica, los incendios pueden ocasionar cambios en el ciclo hidrológico. Como, por ejemplo, la pérdida de reservas de agua, reducción de la infiltración o un incremento de la escorrentía superficial (Lloret y Zedler, 2009). Estos problemas, se ven agravados por el crecimiento de la vegetación post-incendios, ya que estas aumentan su consumo de recursos hídricos debido a su gran capacidad de evapotranspiración (Gutenko et al., 2017). Otro de los problemas, es el grave daño que se provoca a los ecosistemas acuáticos, puesto que, si aumenta la capacidad erosiva, todos estos restos de ceniza, vegetación y suelos, acaban en el fondo de las masas acuáticas. Provocando la contaminación de ellos y poniendo en grave peligro su vegetación y fauna (Bodí et al., 2012).

En cuanto a la fauna, los principales daños que provoca estos incendios sobre las especies animales son: la muerte de los individuos, en muchos casos, especies endémicas; destrucción de su refugio, hábitats, alimentación, etc. (Nasi y Grahame, 2002). La reducción del número de especies faunísticas puede provocar una serie de desequilibrios en los ecosistemas tales como: la migración de las diferentes especies (aves, insectos, mamíferos, etc.), alteración de la composición de estos, exterminio de determinadas especies vegetales y desequilibrios o ruptura de la cadena biológica (Castillo et al, 2003; Nasi et al., 2002).

Otro de los graves problemas para las especies animales es la reducción de su población en el área del incendio, como consecuencia, de la dificultad para encontrar resguardo y refugio,

ya que la mayor parte del territorio queda completamente calcinado. En muchos casos, la reducción de la densidad de pequeños roedores puede afectar en la alimentación de las especies carnívoras que se alimentan de estos (Nasi et al., 2002). Pero, sin ninguna duda la especie más afectada son los reptiles debido a la gran dificultad que tienen en su movilidad. Además, las especies con una mayor movilidad también puede tener graves problemas, al tener que competir por recursos fuera de sus ecosistema originario, provocando sobre estos: una escasez de alimentos o facilidad a la hora de su caza (Cárdenas, 2013).

Por último, también se producen una series de efectos sobre la vegetación como son: la modificación de sus estructura y el establecimiento de especies invasoras y exóticas en detrimento de las nativas, pudiendo afectar a los servicios ecosistémicos (Anchaluisa y Suarez, 2013). Según Badía y Úbeda (2013), estos procesos post-incendios son comunes en los ecosistemas mediterráneos, ya que los incendios, en la mayoría de los casos, se producen en la época estival con una gran severidad, provocando que las primeras lluvias del otoño, normalmente torrenciales, estimulen ese proceso de arrastre de sedimentos sobre los suelos calcinados. En definitiva, los incendios producen la alteración de los componentes que conforman el sistema eco-geomorfológico, por lo que se produce una degeneración de estos. Que, en muchos casos, puede acabar agudizando el problema de la desertificación (Sala y Rubio, 1994).

2.3. Dimensión territorial de los incendios forestales.

Los seres humanos han sabido adaptarse al fuego y utilizarlo como una herramienta para su provecho: cazar, abrir pastos, aclarar campos de cultivo, etc. (Pausas et al. 2009). Por lo tanto, a los regímenes naturales de los incendios se unió la acción de los seres vivos con el uso del fuego y, en muchos casos, abusando de él. Por lo tanto, parece que la capacidad organizativa del hombre y el uso del fuego fueron de la mano, y que fue un factor clave para el desarrollo de las antiguas civilizaciones (Wrangharn et al. 1999). Como consecuencia de esto, Aznar (2013) considera que el paisaje del sur de Europa no es natural, sino que ha sido moldeado por el hombre con el control sobre el fuego, desde hace milenios.

Por lo tanto, al régimen natural de los incendios se sumó el ser humano, transformando el paisaje forestal en agrícola (Mataix y Cerdá, 2009). Con lo cual, desde el neolítico el medio ambiente ha estado sometido a una fuerte presión demográfica, lo que provocaba que los bosques y los montes se mantuvieran limpios, ya que la ganadería se encargaba de este mantenimiento y existía un gran aprovechamiento maderero por parte de estas sociedades. De esta forma, cuando se producía un incendio forestal no solía recorrer una gran superficie, tenía muy poca intensidad y se producía una rápida regeneración de la vegetación (Aznar, 2012).

El problema comienza a partir de la década de los años 60 y 70, produciéndose el abandono de las actividades tradicionales relacionadas con el medio y la fuga masiva de

personas desde el medio rural (Naredo, 2004; Mataix et al., 2009). Otro de los grave problema destacable en las áreas mediterráneas, fue las repoblaciones que se ejercieron en el último siglo por parte de los planes hidrológicos, con el fin de detener la erosión. Estas repoblaciones se realizaron mayormente con coníferas debido a su rápido crecimiento, pero aumentando la capacidad de combustible para los incendios y su veracidad, ya que son especies que tiene muy alta inflamabilidad (Vélez Muñoz, 1986). Todo esto estableció un aumento del combustible y su continuidad, favoreciendo a los grandes incendios que se produjeron a finales de la década de los setenta. Por lo que, según Keeley et al. 2012, se puso de manifiesto un cambio en el régimen y patrón de los incendios forestales actuales, con el aumento medio del número de incendios. Todo esto ha contribuido a la creación de especies pirrofiticas y de coníferas en el paisaje Mediterráneo como consecuencia de los incendios. Y produciendo que las especies arbóreas frondosas tengas que buscar refugio en aquellas áreas con menos afección por parte de los incendios (Vélez Muñoz, 1986).

Según los datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2021), en España en la década de 1.960 se quemaron un total de 47.800 hectáreas (ha) de media, estas cifras se triplicaron pasando a 154.000 ha en la década de 1.970. Lo mismo ocurre en los años ochenta, dónde esta cifra se quintuplicó con respecto a la década pasada. Si nos centramos en Andalucía y observamos la base de datos de Incendios Forestales del INFOCA, se establece una tendencia ascendente del porcentaje de conatos en el periodo de entre 1992 y 2002 (Junta de Andalucía, s.f). A pesar de los efectivos sistemas de extinción existentes en España, anualmente en el país se produce una serie de incendios que son prácticamente incontrolables. Estos se denominan GIFs (Grandes Incendios forestales), los cuales, superan las 500 ha calcinadas (Aznar, 2013). Por ejemplo, en Andalucía en el periodo situado entre 1.961 y 2.011 se han producido más de 200 GIF, en la provincia de Málaga estos incendios han quemado más de 400.000 hectáreas (Araque, 2013).

Esta dinámica está provocando una disminución de la calidad visual en aquellos medios rurales, lo cual, puede tener una serie de pérdidas socio-económicas incalculables (Martínez Murillo, 2015). Con lo cual, lo anteriormente presentado es el actual problema que encontramos en los ecosistemas Mediterráneos actuales, los cuales fueron modificados por el ser humano. Pero, el actual abandono del medio rural y la fuerte presión urbanística y turística, está provocando el aumento medio de incendios y está poniendo fin a uno de los pocos recursos económicos disponibles para los municipios rurales.

2.4. Hipótesis de la investigación y objetivos.

Sobre la base de esta revisión bibliográfica, el objetivo general del estudio se basa en un análisis eco-geomorfológico del incendio producido el 8 de agosto de 2.021 en Sierra Bermeja. Y como objetivos específicos se han establecido:

1. Determinar una evolución de los incendios forestales de Sierra Bermeja.

2. Establecer los principales incendios forestales históricos.
3. Identificar y actualizar el promedio de grandes incendios forestales e incendios forestales menores (incluyendo menores de 500 hectáreas) en Sierra Bermeja, bajo la hipótesis de un cambio en la dinámica de los incendios forestales y el consecuente aumento de su número en los ecosistemas Mediterráneos.
4. Delimitar las zonas del área de estudio con mayor afección por incendios forestales y el número de veces que ha sido recorrido por estos.
5. Realizar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada del área quemada y compararlo antes y después del incendio.
6. Ejecutar el índice de severidad del fuego para poder analizar aquellas áreas más afectadas del incendio.
7. Analizar y describir los aspectos físicos y humanos del área quemada en el gran incendio forestal de Sierra Bermeja del 2021.

3. ÁREA DE ESTUDIO.

Una vez analizado el sistema eco-geomorfológico, el impacto de los incendios sobre este y la dimensión de los incendios forestales que se producen en las áreas mediterráneas, pasamos a centrarnos en el análisis del área de estudio establecido para este Trabajo de Fin de Grado. En este caso, un análisis sobre el medio físico y humano de Sierra Bermeja, para más tarde, centrarnos en el gran incendio forestal que se produjo en el año 2021.

3.1 Medio Físico.

3.1.1 Contexto geográfico y localización.

Como ya se mencionó anteriormente, el área de estudio que se ha establecido es el ámbito de Sierra Bermeja que, fue afectado por un grave incendio en el verano del año 2021. Esta cadena montañosa, se encuentra ubicada en España, en la Comunidad Autónoma de Andalucía y en la provincia de Málaga. Situándose en el área suroeste de la provincia, entre las comarcas de la Serranía de Ronda y Costa del Sol Occidental, y bordeando la comarca del Valle del Guadalhorce (*Véase Mapa 1, Anexo Cartográfico*). Según muestra la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (2015), es un espacio protegido dentro de la lista de Lugares de Importancia Comunitaria (LIC) de la región biogeográfica Mediterránea. Siendo más adelante, nombrado por Decreto de 110/2015, de 17 de marzo (BOJA nº 87, del 8 de mayo del 2015) como Zona Especial de conservación (ZEC). Aunque, también cabe destacar, que, en el año 1992, el área de Los Reales de Sierra Bermeja fue nombrado paraje natural (Ley núm. 2, BOJA, 1989). Asimismo, Sierra Bermeja se encuentra integrada dentro de dos Reservas de la Biosfera.

El ámbito de estudio se extiende por 10 términos municipales dentro de la provincia malagueña, ocupando los siguientes términos administrativos: Benahavís, Casares, Estepona, Genalguacil, Igualeja, Istán, Jubrique, Júzcar, Pujerra y Tolox (*Véase Tabla 1, Anexo de tablas*). Ocupando una superficie total de 30.824,18 hectáreas. Si nos fijamos en las hectáreas en las

que se despliega cada municipio (Junta de Andalucía, 2015), observamos que los municipios que ofrecen más hectáreas son Benahavís (14.550 ha.), Casares (16.240 ha.) y Estepona (13.750 ha.). Pero, si nos centramos en el porcentaje con respecto a lo que ocupa dentro de su término municipal destacan los municipios de Benahavís (66,42%), Igualeja (57,93%) e Istán (55,42%).

Según la Junta de Andalucía (2015), la altitud media de Sierra Bermeja está entorno a los 632 m.s.n.m y alcanzando los 1.508 m.s.n.m en el Cerro Abanto, situado al este del área de estudio. El clima de esta cordillera media es subhúmedo-húmedo mediterráneo, con unas precipitaciones medias de entre 800-1500 milímetros, según en la zona en la que nos ubiquemos. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 14-16 °C (Zotano, 2004a, 2006a). Este macizo, se encuentra sobre el mayor afloramiento ultramáfico del conjunto petrográfico de la Serranía de Ronda, siendo uno de los más grandes del mundo ocupando una superficie de 300 Km² (Dickey, 1970).

Sierra Bermeja es un ecosistema serpentínico que demanda ser declarado Parque Nacional. De acuerdo con Pérez Latorre (2009), uno de los componentes de la Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional, estos ecosistemas deberían ser de interés general para la población, estableciéndose un gesto integrado que trascienda los límites artificiales marcados para los espacios protegidos circundantes. En este sentido, desde el año 2007 diferentes entidades públicas y colectivos sociales han propuesto la declaración de esta montaña como Parque Nacional, la máxima apuesta de futuro de una Red conformada por espacios naturales que se mantenga en una forma óptima y que tenga grandes ecosistemas representativos del Estado. Con lo cual, desde el año 2014 se han realizado propuestas encaminadas al establecimiento de manera conjunta de Sierra de las Nieves y Sierra Bermeja como Parque Nacional, basando la protección en la presencia de un ecosistema serpentínico con una marcada fauna y flora asociada.

3.1.2 Relieve, litología, geomorfología y pendientes.

Relieve.

El área de estudio se sitúa en el sector occidental de las Cordilleras Béticas, principalmente en las zonas internas, destacando el complejo Alpujárride, aunque existe partes donde encontramos los tres complejos, Maláguide y Dorsaliano. Cuenta con una altitud media de 632 metros alcanzando en algunos puntos los 1500 metros de altura (Junta de Andalucía, 2015). Además, en ella se produce uno de los mayores desniveles desde la costa al punto más alto, esta diferencia de 0 a 1.500 m.s.n.m se produce en tan solo unos 8 kilómetros (Zotano, 2014)

Sierra Bermeja es una cadena montañosa de origen peridotítico, se encuentra desplomado de noreste a suroeste, estableciéndose su límite con Sierra de las Nieves, a través,

el río verde (*Véase Mapa 2, Anexo Cartográfico*). Está conformada por una serie de espigones de altitudes escalonadas y que van creciendo desde la costa al interior. Si nos fijamos de oeste a este, se destacan las siguientes alineaciones montañosas (Gómez, 1989):

- La cadena Arroyo del Horcajo - Los Reales. Este tiene una gran variedad litológica, se encuentra ubicado en el área oeste de Sierra Bermeja y se puede identificar 2 subzonas litológicas. El sector norte, está conformado por materiales metamórficos, zona donde se emplaza El Jardón. En cambio, el extremo meridional está compuesto por materiales peridotíticos y en su extremo occidental presenta un apéndice calizo y abrupto que recibe el nombre de Sierra Crestellina (948 metros). Además, uno de los puntos más destacado de esta área son Los Reales con 1452 m.
- Cerros del Velerín y del Caballo. Situados en las demarcaciones centrales, están conformados por una serie de cerros peridotíticos, pero que se encuentra individualizados por las redes fluviales: ríos Velerín – Guadalmasa (Cerro Velerín, 874 metros), y Guadalmasa – Guadalmina (Cerro del Caballo, 1082 metros).
- Sierra Palmerita y Real: Se halla en las zonas limítrofes con Sierra de las Nieves constituyendo el abrupto cierre de Sierra Bermeja. En estas sierras se produce el contacto con la Sierra de Tolox, por lo que se superponen altitudinalmente materiales peridotíticos y calizos. En estas sierras, es donde encontramos los puntos más altos de la zona de estudio, destacando el Cerro Abanto con 1508 metros o las Encinetas con 1473 metros.

Pendientes.

La proximidad litológica y la acción fluvial son los principales factores que explican la distribución de pendientes en el macizo de Sierra Bermeja. El factor litológico se muestra en los ríos y arroyos afluentes del Genal y el Guadaiza (Gómez, 1989). En definitiva, en esta cordillera, encontramos un predominio de pendientes muy abruptas, en muchos casos, con pendientes superiores al 30% (*Véase Mapa 4, Anexo Cartográfico*). Entorno al 70% del territorio presenta unas pendientes superiores al 50%.

Si nos centramos en la litología, podemos observar que los materiales peridotíticos ofrecen unas pendientes más acusadas que el zócalo esquistoso. Las litologías peridotíticas tiene unas pendientes de entre el 40% y 80%, destacando Sierra Palmerita, Sierra del Real y Los Reales. En cambio, las cimas esquistosas muestran unas pendientes de entre 20% y 40% (y menor altitud), como puede ser la Sierra de Apretaderas y el noroeste de Los Reales (Gómez, 1989).

Las zonas restantes del área de estudio se muestran muy castigadas por la erosión fluvial, por lo tanto, tienen unas pendientes menores al 40%. Además, las menores pendientes se ubican en los cauces de las principales redes fluviales de Sierra Bermeja, donde se muestran unas pendientes inferiores al 3%. En estas áreas, es donde se localiza la mayor antropización de estas cordilleras, con cultivos de cítricos y arbóreo en secano, esto se debe a que da lugar a unas mejores condiciones edáficas y de altitud para la agricultura.

Litología.

Este macizo, contiene uno de los mayores afloramientos de materiales ultrabásicos del conjunto de la Serranía de Ronda, este ocupa un total de 300 kilómetros cuadrados, por lo tanto, siendo uno de los más extensos del mundo. La peridotita, está conformada por harzburgitas y lherzolitas, y, en menor grado, dunitas. Estas rocas pertenecientes al manto superior terrestre fueron depositadas en fragmentos en la corteza continental durante el proceso de adelgazamiento y agrietamiento de la superficie terrestre, provocado por la orogenia alpina hace 25 millones de años (Oligoceno). Por lo que, son muy raras a nivel planetario y muy jóvenes desde el punto de vista geológico (Dickey, 1970). En definitiva, las peridotitas son unas rocas muy difíciles de observar en la superficie terrestre, pero, Sierra Bermeja tiene la mayor extensión y exposición del planeta (Zotano, 2014).

La zona de estudio está constituida por una litología principal, conformada por peridotitas y serpentinitas, pero se pueden destacar una serie de zonas litológicas menores (*Véase Mapa 3, Anexo Cartográfico*), toda estas se encuadrada dentro de las unidades internas de las Béticas, e intermedias y externas, en menor proporción. Por lo tanto, todas estas características han compuesto un conjunto de suelos y relieves característicos para esta área.

A continuación, se va a mostrar un cuadro con las litologías principales de Sierra Bermeja:

Figura 1. Unidades estructurales de Sierra Bermeja.

Unidades Estructurales	Litología			Edad de los materiales	
Cordilleras Béticas	Unidades Externas	Términos comunes al Subbético	Lechos rojos	Cretácico	
	Unidades Intermedias		Flysches De Las Unidades Intermedias	Mioceno Inferior	
	Unidades Internas	Complejo Maláguide	Zocalo De Grauvacas, Calizas Alabeadas Y Pizarras		Paleozoico
		Términos comunes a los 3 complejos	Zocalo De Esquistos, Micasquistos Y Filitas		Paleozoico
		Complejo Alpujárride	Peridotitas y serpentinitas		Oligo-Mioceno
			Mármoles y calizas		Triásico

Fte. Gómez (2018); De Galdeano et al. (2016). Elaboración Propia.

En cuanto a los materiales litológicos que encontramos en Sierra Bermeja, podemos destacar estas litologías:

- **Peridotitas y Serpentinitas:** Este material es el que ocupa la mayor parte del territorio, estas son unas rocas ígneas de gran dureza, peso y con acusadas pendientes (Zotano, 2014). Su gran contenido en materiales pesados es la principal causa limitante para la ocupación humana (Gómez, 1987). Esta litología ofrece laderas abarrancadas con unas pendientes vertiginosas cubiertas por formaciones forestal de coníferas. Estos materiales ultrabásicos, en estado reixtásico, ofrece una descomposición superficial terrosa de colores rojizos, color que otorga el nombre a estas sierras (Gómez, 1989). Por lo tanto, estos materiales han creado una serie de relieves elevados conformados por materiales muy erosionados y con formas angulares, donde encontramos, mayormente, coníferas (Pino negral y resinero) y pinsapares de Los Reales, con escasez de cultivos arbóreos extensivo.
- **Zócalo de Esquistos, Micasquistos y Filitas:** Estos materiales, se encuentran localizados al noreste de Sierra Bermeja, y entre las Sierras de Palmerita y Real. Siendo el segundo sector litológico más predominante del área de estudio. Dan lugar, a relieves mucho menos abruptos formados por cerros de altura media, afectados de una manera muy agresiva por la erosión. En estos casos, se destaca la existencia de cultivos, a veces ya abandonadas por su difícil acceso, de castaños y almendros. Además, cabe destacar que, en las zonas de contacto con los materiales ultrabásicos se hallan áreas de degradación de la vegetación de pastos y matorrales (Gómez, 1989). Además, las zonas dominadas por vegetación forestal se observan un dominio de coníferas, quercus (alcornoques y quejigos) y castaños.
- **Flysches de las Unidades Intermedias:** Estos materiales, se encuentran en las áreas más al norte de la zona de estudio entre los municipios de Igualeja y Parauta. Esta zona, ofrece unas pendientes menores, aunque se encuentran a unos 800 - 1.000 metros de altura. También, podemos destacar un dominio de coníferas, pero convive con cultivos de arbóreos de secano (castaño) debido a la gran fertilidad que presentan estos materiales.
- **Mármoles y calizas:** Encontramos un gran dominio de estos materiales en las áreas de Sierra Bermeja localizadas en Benahavís, y pequeños puntos situados al suroeste. Estos materiales aparecen por el contacto entre los materiales geológicos de Sierra Bermeja (materiales peridotíticos) y Sierra de las Nieves (calizas y mármoles), que encontramos su principio en Sierra Crestellina y que bordea todo el borde sur de Sierra Bermeja, produciéndose la mayor intrusión en el área de Benahavís (Martín, 2011). Las pequeñas áreas conformados por estos, están caracterizados por tener relieves abruptos y elevadas pendientes, que han sido

obstáculos para la ocupación humana, por eso el dominio de matorral denso con coníferas (Gómez, 1989).

- **Zócalo de grauvacas, calizas alabeadas, y pizarras:** Estos materiales pertenecientes al complejo Maláguide se localizan al suroeste de Sierra Bermeja, comprendiendo las áreas de menor altitud del área de estudio. Son relieves muy erosionados, con muy poca altitud y dan lugar a suelos muy pobres. Podemos destacar que, en las zonas más cercanas al valle del río Genal, existen cultivos de cítricos y secanos abandonados, en su mayoría; en cambio, en las zonas más interiores, se destacan vegetación forestal de querníceas.
- **Lechos rojos:** Estos materiales se localizan entre las unidades intermedias de las Béticas y los materiales peridotíticos, estos componentes de las unidades externas han provocado actividad de extracción de minerales en Sierra Bermeja, exactamente en el término de Igualeja. Se destaca la cantera del Robledal encargada de la extracción de magnetita. Se muestra en los puntos más altos de Sierra Bermeja, en la continuación de Sierra Palmerita (Diputación provincial de Málaga, s.f).

Para finalizar, cabe destacar, que la mayor parte del territorio de Sierra Bermeja está conformado por materiales serpentínicos y peridotíticos, sobre estos materiales podemos encontrar en abundancia de coníferas, en especial, la especie de pinus pinaster, conviviendo con matorral mediterráneo en formación densa (especies pirrófitas, las cuales, guardan gran relación con los incendios forestales mediterráneos), esto provoca, que estas zonas, tenga un riesgo de incendio forestal muy elevado (Martínez et al. 2016).

Geomorfología.

Según Gómez Zotano (2014; pág.11), Sierra Bermeja es el único afloramiento peridotítico que tienen tanta altitud, extensión, cercanía al mar y que se encuentran tan al oeste. Por lo tanto, se producen unas series de procesos geomorfológicos que no se pueden encontrar en otros afloramientos ultramáfico, como son: los fenómenos ligados al frío, al viento o la lluvia, *“y que propicia un rico modelado originado por la erosión hídrica (erosión remontante, captura, diferentes tipos de redes fluviales,) y química, fluvial y de vertientes”*.

Por tanto, una de las principales singularidades que se destaca en Sierra Bermeja son los procesos geomorfológicos que se producen únicamente en ella, debido a su peculiaridad en el aspecto litológico. Este aspecto ofrece el color rojizo a estas sierras, a través del proceso químico de serpentización (Zotano, 2014). Estas serpentinitas, se producen debido a que la peridotita está formada básicamente por dos minerales el olivino y el piroxeno. Este primer mineral, se deshace muy fácilmente en el proceso de meteorización, como consecuencia, de su hidratación. Provocando que, esta roca se vuelva un entresijo de minerales de colores

verdoso (Ferre et al. 2015). Es posible destacar, dos tipos de serpentización en esta área de estudio, una creada por los agentes hidrotermales, y otra, por los atmosféricos (Zotano, 2014).

Las zonas dominadas por peridotitas presentan unas formas mucho más abarrancadas que las áreas conformadas por materiales metamórficos, esto es consecuencia de la disgregación de esas rocas durante el proceso de meteorización. Los picos más altos de Sierra Bermeja presentan unas lomas suaves en sus cimas como son el caso de Los Reales o las Encinetas, e incluso con estructuras semiplanas como se puede observar en el Canalizo. Los valles se encuentran encajados en la peridotita de forma muy acusada, además, en sus riberas se pueden observar la acumulación de materiales erosionados en forma de vaguada. Los ríos y arroyos se encajan en las laderas formando valles paralelos y encajados. Debido a la erosión que ejercen estos, se observan un mayor arrastre de materiales en las laderas de la vertiente este, es decir, aquellos ríos que desaguan en el Mediterráneo (Castillo, 2014). Todo esto produce una orografía caracterizada por cascadas y saltos de aguas alcanzando sus puntos más álgidos en los meses lluviosos de otoño e invierno (Zotano, 2014).

Por otro lado, como ya se vio en el apartado de pendientes, las laderas son muy abruptas con pendientes superiores al 50%, pedregosas y con gran cantidad de materiales angulosos desgajados de las rocas. Las peridotitas no tienen una estratificación común como otras litologías, ya que la capa superior está muy alterada (con la formación de grietas y diaclasas) provocando que se queden al aire libre las capas adyacentes (Castillo, 2014).

3.1.3 Climatología.

El clima de Sierra Bermeja según Zotano (2014) es subhúmedo-húmedo mediterráneo, por lo tanto, una de sus principales características es la existencia de un periodo estival, ocupado por los meses de verano y principios de otoño, provocando que, en esta época, se alcancen unas temperaturas muy cálidas. Otro factor clave del área de estudio, se encuentra en el aumento de las precipitaciones y disminución de las temperaturas a medida que nos acercamos a las cumbres, lo que produce que en muchos puntos se alcancen unos 2.000 milímetros anuales. Además de la influencia del relieve, se destacan otras características referidas a su situación geográfica, como son la existencia de un pasillo marítimo con respecto al Estrecho y su posición dispuesta en barlovento en cuanto a los flujos, al encontrarse alineadas de SW a NE. Por todo esto, Sierra Bermeja, se localiza dentro de la zona húmeda y establece la frontera entre el Atlántico y el Mediterráneo (Zotano, 2014).

Estas características, provocan en las zonas con mayores altitudes unas temperaturas más frescas y un mayor número de precipitaciones, lo que produce que se genere una mayor cantidad de combustible (vegetación) disponible para los incendios, por lo tanto, cuando se origina uno de ellos, suelen ser muy agresivos debido a la creación de gran cantidad de matorral en formación densa, especialmente especies pirrófitas, muy comunes en los incendios forestales Mediterráneos (Pausas, 2004).

En cuanto a la variable de las precipitaciones, podemos decir que estas se establecen entre las isoyetas de 800-1.100 mm anuales (*Mapa 5, Anexo Cartográfico*), pero si nuevamente nos fijamos en el efecto que ejerce el relieve, podemos observar que a medida que se aumenta la altitud se produce un incremento de las precipitaciones, por lo tanto, en los puntos más altos como Cerro Abanto, Los Reales o Sierra Palmerita, se alcanzan unos 2.000 mm anuales (Zotano, 2014). El régimen de humedad que le corresponde al conjunto montañoso de Sierra Bermeja es el Mediterráneo húmedo (Castillo Requena, 1989). En base a estos datos, se podría decir que, Sierra Bermeja tiene un régimen de humedad que se corresponde con el mesomediterráneo subhúmedo (Rivas, 1983). En las cumbres, se producen importantes procesos de estancamiento, lo que produce un aumento de las precipitaciones en 500 mm anuales debido a la criptoprecipitación (Zotano, 2014).

Con respecto a las temperaturas (*Mapa 6, Anexo Cartográfico*), las isotermas establecen unas temperaturas medias anuales de 14-16 °C (Zotano, 2014), en los meses más fríos se alcanzan una temperatura media de 8°C y 10,5°C anuales y en los meses más cálidos de julio y agosto se alcanzan unos 25 °C anuales, pudiéndose alcanzar de temperatura máxima unos 35 °C y de mínima, en torno, a los 5 °C (Cobo et al., 2016). Por lo tanto, estas sierras tienen unas temperaturas suaves con un gradiente altitudinal que provocan unas menores temperaturas en las cumbres más altas, pudiéndose producirse nieve en algunos días de los meses más fríos del invierno.

Par finalizar, si nos fijamos en los ombrotipos, según los cálculos ofrecidos por Rivas (1983), en Sierra Bermeja se puede destacar dos: los ombrotipos subhúmedo-húmedo en la mayor parte del territorio, y, en las cumbres (Sierras Palmerita y Real, y Cerro Abanto), húmedo-hiperhúmedo.

3.1.4 Hidrología.

En esta cadena montañosa, la red fluvial está caracterizada por estar conformada por ríos cortos que nacen dentro de su cabecera montañosa y que desembocan en el litoral de la Costa del Sol. Con lo cual, los ríos se encuentran adaptados a las líneas de fallas y diaclasas que están configurados por materiales más blandos. Debido a sus características climáticas, los ríos están dominados por regímenes torrenciales que producen que se activen en meses lluviosos y el resto del año estén, en algunos casos, secos (Garrido et al., 2016).

En definitiva, los ríos de Sierra Bermeja destacan por circular sobre zonas conformadas por materiales de escasa compactación, con la existencia de un gran desnivel que deben salvaguardar desde la cabecera a la costa en una distancia muy corta, y un régimen estacional muy marcado. Todo esto, conforma un paisaje geomorfológico fluvial dominado por cascadas y valles muy encajados distribuidos de forma paralelas. Esto es debido a la gran capacidad erosiva y de carga que se genera en estos en los momentos más lluviosos. Por lo tanto, está

dominada por una red fluvial que actúan como colectores principales y que provoca una ausencia de afluentes, a excepción de los ríos de mayores dimensiones (Gómez, 1989).

Sierra Bermeja, se encuentra sobre las cuencas fluviales de los ríos Verde, Guadaiza, Guadalmina, Velerín, Guadalmanza y Almarchal. Estas cuencas son gestionadas por la denominada Cuenca Mediterránea Andaluza, un organismo integrado en la Agencia Andaluza del Agua, el cual, da respuesta a las necesidades en el litoral mediterráneo de Andalucía. En la siguiente tabla, se muestran los cauces presentes en el municipio, con información muy detallada:

Figura 2. Cursos de aguas de Sierra Bermeja.

Nombre	Longitud en el término de Sierra Bermeja (Km)	Longitud total (km)	Desembocadura
Río Verde	9,2	22,1	Mar Mediterráneo
Río Guadaiza	12,3	20,4	Mar Mediterráneo
Río Guadalmina	13,54	28	Mar Mediterráneo
Río Velerín	8,27	10	Mar Mediterráneo
Río Guadalmanza	14,11	24,4	Mar Mediterráneo
Río Almarchal	3,95	7,5	Río Genal

Fte. SIMA (Elaboración propia)

Analizando los cursos fluviales, se ha observado la clasificación de dos posibles vertientes hacia donde discurre el agua de los diferentes ríos y arroyos. Por lo tanto, se va a mostrar las principales características de los ríos de estas vertientes (*Véase Mapa 2, Anexo Cartográfico*).

Vertiente Norte. Todos estos ríos acaban desembocando en el río Genal, son muy cortos, poco caudalosos y muy torrenciales debido al desnivel extremo de sus perfiles. En el contacto de los materiales carbonatados de Sierra de las Nieves nace el río Seco, y proveniente del interior de las cadenas de Sierra Bermeja se destacan los ríos Almarchal y Monardilla, todos estos, con un caudal permanente. Además, sobre ellos, vierten una serie de cursos fluviales de menor entidad como son: Garganta de la Cuesta o de la Fuentes, y los arroyos de Reyerta o la Hiedra (Castillo, 2014).

Vertiente Sur. Estos ríos muestran las mismas características que los anteriores, pero con una excepción, son aún más torrenciales debido a su cercanía a la costa. La red fluvial principal de esta vertiente es el río verde, aunque su cuenca pasa más tiempo inscrita en Sierra de las Nieves. Los principales ríos que se encuentran interconectados en su cuenca hidrográfica son el Guadaiza, el Guadalmina y el Guadalmasa. Una gran parte de sus aguas van a parar al embalse de la concepción (consumo humano y regadíos), localizado fuera del límite de Sierra Bermeja. Por último, existen unas series de redes de menor identidad que muestran una singularidad de rambla, con aguas intermitentes durante el año. Destacan el río Velerín, y arroyo Castor o Cala (Castillo, 2014).

Si nos centramos en las masas de aguas subterráneas, podemos subrayar que la existencia de materiales silíceos provoca la escasez de acuíferos y surgencias por toda la zona de estudio. Las escasas surgencias, suelen tener un débil caudal y se forman como consecuencia de la impermeabilidad de los suelos, que provoca que el agua se acumule en acuíferos colgados y en las líneas estructurales del relieve. Estas acumulaciones, han hecho que desde la antigüedad exista un cierto número de balnearios, destacando el balneario del Duque en Los Reales o balneario de la Corcha en el río Guadalmasa (Zotano, 2014).

Según la Junta de Andalucía (2015), en Sierra Bermeja únicamente existe dos grandes masas de agua subterráneas. Una que se encuentra situada al norte de la cadena montañosa, de tipo carbonatada que se denomina Sierra de las Nieves-Prieta. Aunque este acuífero guarda más relación con el Parque Nacional Sierra de las Nieves. Con estos acuíferos calcáreos hay que tener mucha precaución, ya que son muy frágiles a la contaminación, con lo cual, hay que definir el territorio de tal manera que sea compatible con la protección de estos acuíferos y aguas subterráneas, para evitar diferentes episodios de contaminación que conviertan estas aguas en no potables, debido a que estos son esenciales para el uso humano (Andreo, 2015).

Por otro lado, en esta cadena montañosa, también se destaca la existencia de un acuífero detrítico denominado Marbella-Estepona. Este se localiza a lo largo de la costa de estos municipios fuera del ámbito de Sierra Bermeja. A pesar de su localización, todo el conjunto montañoso otorga a este acuífero las recargas de agua, de ahí la importancia de este acuífero (Junta de Andalucía, 2015).

3.1.5 Edafología y vegetación.

Edafología.

En Sierra Bermeja se producen una interrelación de condiciones climáticas, litológicas y ambientales que, ayudan a que se produzcan una serie de procesos químicos en las peridotitas durante el desarrollo de la meteorización, conllevando al origen de suelos serpentínicos. Si comparamos estos sustratos con otros suelos, obtenemos que estos tienen una baja cantidad de cationes básicos, una falta de nutrientes esenciales, un gran contenido

de materiales pesados y un carácter xerófilo. Lo que provoca que estos suelos tengan una gran capacidad de erosión (Yusta et al., 1985; Aguilar et al., 1997; Rufo et al., 2005; Mota et al., 2008).

Estos suelos suelen tener un alto contenido de arcilla, con una textura que, en la mayoría de los casos, es franco - arcillosa. Esto es consecuencia, del proceso de fersialitización del olivino que crea arcillas de neoformación. Además, se destaca la existencia de una gran cantidad de afloramientos de rocas de aspectos característicos, conocido como micro-karst serpentínico (Garrido et al., 2016).

Con respecto, a los suelos más destacable de la zona de estudio cabe destacar que, los más importantes son cuatro tipos (*Véase Mapa 7, Anexo Cartográfico*). Dos tipos que ocupan la mayor parte del territorio (Cambisoles éutricos y Luvisoles crómicos) y, otros dos, que tienen una mínima representación en el territorio como son los Fluvisoles calcáreos y los Vertisoles crómicos. Cada uno ofrece unas características comunes con la litología y topografía, como van a ser mostrados en el siguiente párrafo:

- Luvisoles crómicos. Este tipo de suelo se encuentra en la parte central de Sierra Bermeja, siendo el que más extensión ocupa. En el área de estudio, se presenta con colores rojizos en forma de bloques angulares caracterizado por tener un escaso interés agrícola. Aunque suele provenir de las calizas, en este caso, el sustrato es peridotítico, por lo que, coincide con la litología de peridotitas y serpentinitas. Está caracterizado por tener unos suelos de profundidad moderada, sin llegar a superar los 50 centímetros, estando dominado por coníferas y matorral Mediterráneo (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.).
- Cambisoles éutricos. Estos suelos lo encontramos en una gran parte del territorio, por toda el área de los municipios del valle del Genal y otra gran mancha en el valle existente entre las sierras de Palmerita y Real, por lo que ocupa toda la sierra de Apretaderas. Son suelos de colores rojizos que se muestran sobre las peridotitas, conformado por un alto nivel de gravas y sin perfil argílico. Presentan estructuras en forma de bloques poligonales. Además, se encuentran en los puntos de altura medios y altos, aunque también son posible de encontrar en los valles de los ríos (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.; Latorre et al. 2013).
- Fluvisoles calcáreos. Estos suelos, únicamente, ocupa un pequeño punto al suroeste de Sierra Bermeja, siendo una extensión muy pequeña. Se localiza en un depósito aluvial con cultivos de cítricos y almendros. Están caracterizados por tener un espesor de entre 20-50 centímetros, con escasez de gravas, con una textura franco-arcillosa y suelen ser relativamente ricos en materia orgánica (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.).

- Vertisoles crómicos. Estos suelos se localizan en una pequeña área en el término municipal de Benahavís, siendo los suelos que menos ocupan en la zona de estudio. Estos tienen una alta presencia de arcillas, con un contenido medio de materia orgánica y con una textura básicamente arcillosa (Ministerio de Medio Ambiente, s.f.).

Vegetación.

Según, las características climáticas observadas en el apartado 3.2, se pueden destacar tres tipos de pisos bioclimáticos, los cuales, son: piso termomediterráneo que, alcanza los 800 metros de altitud; piso mesomediterráneo, localizado entre los 800 y 1.300 metros; y, por último, el piso supramediterráneo que, se encuentra por encima de los 1.300 metros (Zotano, 2004a, 2006a). Por lo tanto, hay una serie de características que han influido en la manifestación de la vegetación, las cuales, son la topografía, las características climatológicas, las vertientes de las laderas, la edafología, la litología y la capacidad de degradación de los suelos (Rivas, 1988).

De tal manera que, Sierra Bermeja es muy destacable por el gran afloramiento de materiales ultrabásicos (peridotitas, en el mayor de los casos) conocido con el nombre de síndrome de serpiente. Estas características han provocado sobre la biota que se puedan resaltar 38 especies endémicas de flora y fauna, conocidas como “Bermejense”. En cuanto a la vegetación y flora, como consecuencia de los procesos de serpentinización, han aparecido 24 especies relacionada con este proceso y que, únicamente, encontramos en esta cordillera. Además, cabe añadir que existen otra serie de taxones endémicos que se distribuyen por toda la Serranía de Ronda, como son los pinsapos (*Abies pinsapo*) o el matorral sobre dolomía, serpentinas y peridotitas (*Ulex baeticus* subsp. *Baeticus*). Por último, este ambiente edáfico ha propiciado la supresión de gran parte de las especies mediterráneas que existen a su alrededor, incluyendo a las especies invasoras o exóticas (Rivas Goday, 1969; López González, 1975; Cabezudo et al., 1989, 1998; Casimiro-Soriguer y Pérez. 2008; Zotano et al., 2014, 2015).

En relación con la sectorización biogeográfica del área de estudio, se puede presentar una jerarquización fitogeográfica, propuesta por los siguientes autores: Asensi y Martínez, 1976; Rivas, 1987, 1988; Cabezudo et al., 1989; Nieto et al., 1991; Asensi et al., 2011.

- **Reino Holártico**
 - **Región Mediterránea**
 - **Subregión:** Mediterránea Occidental
 - **Superprovincia:** Mediterráneo-Iberoatlántica
 - **Provincia:** Bética
 - **Sector Rondeño**
 - Subsector Rondense
 - Subsector Bermejense

- Sector Aljábico

- Subsector Aljábico
- Subsector Marbellí

De esta clasificación, se hace destacable la gran complejidad existente en Sierra Bermeja que incluso ha propiciado la creación de un sector fitogeográfica como es el sector denominado como Subsector Bermejense. Convirtiéndolo, en una zona dominada por la aparición de una gran cantidad de endemismos, por lo tanto, con unos valores naturales excepcionales y de gran valor botánico. En ella, se refugia algunas especies vegetales que habían emigrado a África y que, anteriormente, estaban en Europa (Rivas Goday, 1969; Cabezudo et al., 1989; Alba et al., 2010).

Las formaciones de vegetación que más sobresalen son el *Pinus pinaster*, de forma solitaria, o la formación *Pino pinastri-Querceto cocciferae*, siendo las formaciones más extendidas por todo el territorio (**Véase Mapa 8, Anexo Cartográfico**). En las áreas de mayor altitud, sobre todo en Los Reales, estos pinares desaparecen por la aparición de pinsapares, el único ultramáfico existente en el mundo (*Bunio macucae-Abietetum pinsapi*), siendo estas especies exclusivas del sector rondeño. En las zonas del noroeste y pequeños puntos en el municipio de Igualeja se destaca presencia de *Quercus* como es el *Oleo sylvestris-Querceto suberis*. En los cauces de los ríos Guadalmanza, Guadalmina y Castor aparece la especie edafohigrófila Bermejense de la adelfa (*Nerium oleander*). Además, podemos encontrar en los ríos Guadalmina, Guadaiza y Verde la especie *Erico erigenea-Saliceto pedicellatae* (Asensi y Martínez, 1976; Cabezudo et al., 1989; Nieto et al., 1991; Zotano, 2004b; Asensi et al., 2011; Junta de Andalucía, 2015).

Por otro lado, el matorral se encuentra distribuido por todo la parte central del macizo, enfocándose en las laderas y sierras de mayor altitud, dónde se produce una mayor degradación de suelo y se encuentran las vertientes con mayores porcentajes de pendientes. Las especies de matorral más destacadas son el matorral mediterráneo noble en las zonas más al este, aunque de forma minoritaria; y de forma mayoritaria, se destaca los espinos, espartales y las cistáceas (Nieto et al. 1991).

Por último, se destaca una serie de vegetación minoritaria, como son encinares al noreste de Sierra Bermeja (*Quercus ilex*), varios puntos de castaños (*Castanea sativa*) en las áreas colindantes con el valle del río Genal, siendo utilizada como aprovechamiento agrícola. También, se muestran acebuchales (*Olea europaea var. sylvestris*) al sureste de la zona de estudio, en el término de Benahavís a orillas del río Guadalmina, y, por último, puntos muy dispersos y sin ninguna continuidad de *Pinus Halepensis* (Junta de Andalucía, 2015).

3.6 Fauna.

Respecto a la fauna, en Sierra Bermeja se han cuantificado un total de 216 especies animales, de las cuales, un total de 14 especies son endémicas Bermejense y se encuentra, mayormente, protegidas dentro del marco europeo, español o andaluz. Debido a las características presentes en este macizo, son muchas las especies endémicas existentes, únicamente, dentro de ella. Muchas de estas, podrían estar en peligro de extinción o en riesgo de amenaza, ya que muchas de ellas no están evaluadas. El 80% del endemismo Bermejense ha sido evaluado en los últimos 20 años y el 50% en los últimos 10 años. En definitiva, esta cordillera es muy importantes desde el punto de vista faunístico, pudiéndose destacar dentro del grupo de los invertebrados a los coleópteros (Zotano *et al.*, 2014, 2015).

El ámbito de estudio se halla, a tan solo, unos 8 kilómetros de distancia de la Costa del Sol. Esta posición privilegiada con respecto a África y su gradiente altitudinal, provoca que sea un refugio para las aves que emigran hacia nuestro país y zona de campeo para otras tantas especies. Por lo tanto, las aves sean posiblemente las especies más numerosa en esta zona. Porque, además, de zona de descanso para las aves migratorias hay que sumar aquellas especies que viven de manera permanente. Las principales especies destacables son las siguientes: en la ribera de los ríos se destaca el martín pescador (*Alcedo atthis*), la oropéndola (*Oriolus oriolus*) o el zarcero común (*Hippolais polyglotta*), entre otros. En cambio, en las áreas rocosas de mayor altura, se resalta la presencia del águila real (*Aquila chrysaetos*) o perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), buitre leonado (*Gyps fulvus*), mirlo capiblanco (*Turdus torquatus*), etc. Y, por último, en las zonas dominadas por vegetación forestal se puede distinguir el águila culebrera (*Circaetus gallicus*) o el cerrojillo (*Ficedula hypoleuca*). Por tanto, esta gran variedad y calidad de aves provocó que en Sierra Bermeja se nombrara dos Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) denominadas como “Los Reales de Sierra Bermeja” y “Sierras Bermeja y Real”, estas se encuentran dentro del marco europeo de la Red Natura 2.000. Además, cabe añadir que, está integrada en dos Reservas de la Biosfera, por un lado, la Reserva de la Biosfera Sierra de las Nieves, y, por otro lado, la Reserva de la Biosfera Intercontinental del Mediterráneo Andalucía (España) – Marruecos (Junta de Andalucía, 2015; Zotano *et al.*, 2014).

Con respecto a las especies piscícolas, en todos aquellos ríos pertenecientes a la cuenca del río Guadiaro, debido a la gran calidad de las aguas se destaca el fraile (*Salaria fluviatilis*), la especie endémica de cacho malacitano (*Squalius malacitanus*) o trucha común (*Salmo trutta*). Aunque, también, se pueden destacar otras especies introducidas por el ser humano como la trucha arcoíris (*Onchorhynchus mykiss*). Dentro de estos hábitats, debido a la gran calidad de sus aguas, sobresale la presencia de la nutria (*Lutra lutra*), aunque encuentra presente dentro del grupo de los mamíferos (Junta de Andalucía, 2015).

En cuanto a los mamíferos, se resalta la presencia de jabalíes salvajes (*Sus scrofa*), venados (*Cervidae*) y la cabra montés-ibérica (*Capra pirenaica*), siendo estas especies muy importantes para los intereses de la caza mayor. Otras especies muy interesantes son el

meloncillo (*Herpestes ichneumon*) o el gato montés (*Felis sylvestris*), entre otros. Por último, en el grupo de los invertebrados también se presenta un endemismo dentro de los arácnidos, este es denominado como *Macrothele calpeiana*. En el caso de los anfibios sobresale el sapo común o la salamandra. Y, por último, en los reptiles se observa la culebra de escalera (*Elaphe scalaris*) y las víboras hocicudas (*Vipera latastei*), entre otras (Junta de Andalucía, 2015).

3.2 Medio Humano.

3.2.1 Características del medio humano y usos del suelo.

La excelente localización geográfica de Sierra Bermeja ha provocado que, a lo largo de la historia se haya producido sobre ella un devenir de civilizaciones. Propiciando que se establezca una relación entre estas civilizaciones y el medio, y, a su vez, produciéndose un cambio en la cubierta vegetal y en la fauna. Por consiguiente, en Sierra Bermeja se pueden exponer dos dinámicas muy diferentes, por un lado, los municipios pertenecientes a la Costa del Sol Occidental, los cuales, han optado por el abandono de las actividades relacionadas con el medio natural y el aumento de construcciones urbanísticas (campo de golf de Benahavís o la posible creación de la autopista de peaje de Ronda con San Pedro de Alcántara), debido a las pretensiones económicas impuestas por el sector turístico y, por lo tanto, dejando de lado el valor ambiental de estas sierras. Esto, ha incitado un aumento medio de los incendios por año, alcanzando hasta los 14,5 años según Vega (1999). Además, se ha producido un incremento de estos en estos últimos años, con un total de 12 incendios forestales en los últimos 45 años (Gómez Zotano, 2004a). El último gran incendio forestal, fue producido este último año, llevándose por delante aproximadamente 9.640 hectáreas de vegetación natural y forestal.

Por otro lado, en los municipios del interior de Sierra Bermeja es observable una dinámica fundamentada en la continuación de las actividades forestales y ganaderas, por lo tanto, encontramos unas economías agrarias bajo una óptica basada en la sostenibilidad del medio natural que les rodea. Por lo tanto, los municipios serranos que destacan son Genalguacil, Jubrique, Igualeja, etc. (Zotano, 2006b; Zotano y García Martínez, 2009).

Usos del Suelo.

En cuanto a los usos del suelo de Sierra Bermeja, cabe destacar, el amplio predominio de la vegetación forestal y natural que ocupa aproximadamente el 98 % del territorio. Se destaca un dominio de matorral que ocupa el 53,24%, en todas sus categorías. La segunda formación más importante son las formaciones arboladas (20%), mayormente de coníferas (*Pinus pinaster*) y pinsapos, y, en menor medida, los *Quercus*. Si nos fijamos en los pastizales, esta especie ocupa un 24,45%, ubicándose en las zonas más abruptas y alomadas donde se produce una mayor erosividad del suelo (*Véase Mapa 9, Anexo Cartográfico*). Por último, es posible resaltar, en menor medida, las zonas dominadas por las talas y plantaciones forestales, y con escasa cobertura vegetal teniendo unas cifras inferiores al 0,5% sobre el total (Junta de Andalucía, 2015).

Con respecto a las tierras agrícolas, debido a la litología de peridotitas y serpentinitas encontramos unos suelos muy pobres que provoca que la cifra de cultivos sea muy reducida con tan solo un 0,41% (*Véase Tabla 2, Anexo Cartográfico*). Se destacan los cultivos de castaños en las áreas más al norte, los cultivos de regadío en las riberas de los ríos Guadalmina y Guadaiza, y, por último, cultivos de secano, en su mayoría, abandonados (almendros y olivos), en las áreas más al este dentro del término municipal de Casares y puntos colindantes con el municipio de Gaucín (Junta de Andalucía, 2015).

En este sentido, las principales actividades naturales que se llevan a cabo en Sierra Bermeja son aquellas relacionadas con los recursos forestales, esto se debe a la gran cantidad de formaciones arbolada de coníferas, por lo tanto, es muy resaltable la extracción maderera. A parte de esto, se destaca la actividad cinegética debido a la existencia de una gran cantidad de cotos de caza mayor enfocados en el venado y el jabalí (Junta de Andalucía, 2015).

Por otro lado, las superficies construidas ocupan el 1,54%, por lo que, es muy escaso en el territorio. Estos pequeños puntos edificados se apelmazan al sur del macizo en los términos municipales de la Costa del Sol, coincidiendo con el desarrollo de las actividades turísticas. La mayor parte del porcentaje es ocupado por dos urbanizaciones de lujo con un gran equipamiento deportivo, un campo de golf, estos se encuentran en el municipio de Benahavís. Además, se localizan pequeños puntos de extracción minera en el municipio de Igualeja, Casares y Estepona (Junta de Andalucía, 2015).

Estas no son las únicas infraestructuras, ya que se puede destacar la red de carreteras que discurre por el macizo, como son las autovías que recorren el litoral, la A-7 y la AP-7. Asimismo, existen unas series de carreteras intercomarcales (A-377, A-355...), comarcal (A-376) y locales (MA-9017, MA-526...) que unen todos los núcleos de población que conforman Sierra Bermeja. También, existen varios tendidos eléctricos que comienza en el límite sur y que termina cerca del límite norte con Sierra Blanquilla, y al norte de Estepona se destaca la existencia de un aeródromo. Por último, en el aspecto energético, resaltan varias centrales hidroeléctricas y un parque eólico (Junta de Andalucía, 2015).

4. METODOLOGÍA.

En este apartado, se va a exponer los aspectos metodológicos para la realización de este estudio, desde la obtención de los resultados pertinentes hasta la forma de recolección de la información.

En primer lugar, se ha llevado a cabo una búsqueda pormenorizada en artículos y libros de divulgación científica sobre el sistema eco-geomorfológico, el impacto de los incendios forestales sobre este sistema y la dinámica territorial de los incendios aplicada a los entornos mediterráneos. Tras la obtención de una buena base bibliográfica, se ha procedido a la

extracción de información procedente de las bases de datos pertenecientes al ICONA, INFOCA, BIFF y REDIAM, e información bibliográfica y estadística de Marto y Zotano (2017), periódicos locales y naciones, y archivos históricos del ayuntamiento de Estepona. Donde se recogen la información de los históricos incendios forestales de Sierra Bermeja desde el año 1950 hasta la actualidad. Estos datos fueron exportados y tratados, para más tarde ser representados en un mapa de incendios históricos (Figura 4) y poder realizar un análisis de la dinámica territorial de incendios de la zona (Figura 6). Asimismo, se realizó una evolución de los incendios históricos dividido en dos periodos (1950-1975 y 1975-actualidad), un promedio de incendios forestales y grandes incendios forestales para Sierra Bermeja, marcándose aquellas zonas que han sido más veces recorrida por los incendios y, por último, los términos municipales con una mayor afección.

Las técnicas de teledetección espacial permiten poder aplicar unas series de mecanismo que pueden determinar, valorar y cuantificar aquellas zonas que han sufrido un incendio forestal en cualquier parte del mundo (Vidal et al. 2017). Por lo tanto, cuando se produce un incendio forestal se transforma la cubierta vegetal, reduciendo el volumen de humedad y clorofila en la vegetación. Además, se produce un aumento del porcentaje de suelos desnudos y sin vegetación, como consecuencia de la carbonización de las diferentes especies forestales, alterando el color y la humedad de estas. Por tanto, afectando a la respuesta espectral que se va a mostrar a través de la imágenes satelitales (De Santis y Vaughan, 2009). Este cambio en la respuesta espectral se muestra en un aumento de la reflectividad del infrarrojo medio (SWIR) y de las ondas de la zona visible (RGB), y una disminución en el infrarrojo cercano (IRC), causado por la destrucción de las hojas (White et al., 1996).

Fundamentándose en estas respuestas espectrales, diferentes autores han realizado diversos índices para calcular los efectos de estos incendios sobre el territorio. Por consiguiente, se ha conformado un análisis de los índices realizados a través de técnicas de teledetección espacial. Con imágenes pertenecientes al satélite Sentinel-A, a las cuales, se le ha aplicado los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, figura 7 y 8) y de severidad del fuego (NBR, figura 9). Asimismo, a partir de la ejecución de estos índices se ha delimitado el área del incendio tal y como se puede ver en la cartografía de las figuras 8, 9 y 10. Además, se ha establecido el porcentaje total de afección del entorno de Sierra Bermeja y el tanto por ciento del incendio forestal que no ha afectado a este macizo.

Por último, se trató información bibliográfica (periódicos locales, autonómicos y nacionales, información publicada por la Junta de Andalucía y la evaluación técnico-científica del incendio realizada por los autores que conforma la Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional) y estadística (base de datos de Incendios Forestales del INFOCA) relacionada con el incendio del año 2021 de Sierra Bermeja. La información obtenido iba siendo verificada a través de salidas de campo y tomándose información fotográfica y analítica complementaria.

Todo esto, con el fin de realizar un análisis de los aspectos físicos y humanos de las áreas de Sierra Bermeja afectada por el GIF.

4.1. Fuentes de información geográfica.

Para realización de la cartografía complementaria se han extraído los datos de las fuentes de información indirectas, es decir, capas ráster y vectoriales que ofrecen las administraciones públicas autonómicas y nacionales. Con lo cual, las principales fuentes de información geográfica para la cartografía son:

- Junta de Andalucía. Extracción de información de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía, perteneciente al Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía (Límites administrativos, red hidrográfica, acuíferos, cotas, mapa cartográfico vectorial de Andalucía (2007), litología, mapa de sombras, etc.) y Red de Información Ambiental de Andalucía (Edafología, Distribución de la vegetación, Usos de suelo (SIOSE), Incendios forestales históricos (1.975-2.019) y límite de los espacios naturales de Andalucía).
- Centro Nacional de Información Geográfica, del cual se han extraído los límites provinciales, autonómicos y marítimos.
- Mapa de áreas recorridas por los incendios forestales de Sierra Bermeja pertenecientes a Martos y Zotano (2017).

Asimismo, para la realización de los métodos de teledetección especial también se ha utilizado fuentes de información indirecta, en este caso, pertenecientes a los Servicios Geológicos de Estados Unidos en su página web "Earth Explore". De esta entidad se ha extraído dos imágenes satelitales del Sentinel-A, enfocadas al área incendiada de Sierra Bermeja. Las fechas de las imágenes son 19/08/2021 (antes del GIF) y 04/11/2021 (días después del GIF).

Por último, las fuentes de información para tablas realizadas para este estudio han sido extraídas, mayoritariamente, de la Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, y Boletín de Análisis y Seguimiento de los Incendios Forestales de Andalucía) y Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA). Aunque, también se han realizado algunas tablas a partir de información bibliográfica como es el caso de las Unidades estructurales de Sierra Bermeja (Gómez (2018); De Galdeano et al. (2016) y la dinámica territorial de Andalucía (Información SIG (REDIAM) Y fuentes bibliográficas como Martos y Zotano (2017), INFOCA e ICONA).

4.2. Técnicas espaciales de análisis.

Para la ejecución de los Sistemas de Información Geográfica, tanto cartográfico como espacial, se ha utilizado la aplicación de ArcMap bajo la licencia establecida por la Universidad de Málaga. Ambos maquetados se han generado a escala 1:150.000 y 1:750.000, en el caso,

de la representación de los mapas de precipitaciones y temperaturas, ya que se encuentran representada la provincia de Málaga.

4.2.1. Tratamiento y análisis de imágenes de satélite y ortofotos aéreas.

En primer lugar, dentro las imágenes extraídas de Sentinel-A se han escogido las bandas espectrales, con las cuales, se va a realizar el cálculo de los índices relacionados con la absorción y transmisión de la energía de la cobertura del suelo ante situaciones como la acontecidas en Sierra Bermeja. Para poder calcular estos índices se han tenido que aplicar la herramienta “Mosaico” del ArcToolbox para poder unir las imágenes satelitales, ya que el ámbito de estudio está conformado dos hojas diferentes. Tras unirse, se ha podido realizar el cálculo de los índices a través del comando de “Calculate raster”. Para el NDVI, se ha necesitado las longitudes de onda 4 (Red) y 8 (NIR), en cambio, para el NBR se han utilizado las bandas 8A (NIR2) y 11 (SWIR).

Para establecer una correcta clasificación se aplicó la herramienta de “Reclassify”, estableciéndose los intervalos numéricos otorgados por las fuentes bibliográficas. Para finalizar, se transformó de raster a polígono (herramienta de “Raster to Polygon”) y se estableció la paleta de colores oportuna para estas representaciones con el comando de simbología.

4.2.2. Tratamiento y análisis cartográfico.

En el caso de la cartografía básica realizada de forma complementaria y analítica para la obtención de datos para el ámbito de estudio de Sierra Bermeja, se ha llevado a cabo con las herramientas disponibles de ArcToolbox, y estableciendo un tratamiento de las diferentes capas vectoriales y ráster con los comandos de “GEOPROCESING” y “Joins”. La clasificación de estos mapas se ha realizado mediante la función de clasificación Manual en el apartado de simbología, marcándose el número de intervalos y colores en función de la información que se quería representar.

En cambio, el mapa relacionado con la evolución histórica y dinámica territorial de los incendios de Sierra Bermeja se ha realizado mediante la superposición de capas pertenecientes bases de datos de las BIIF e INFOCA, y mediante la agrupación de polígonos otorgado por las fuentes bibliográficas.

4.3. Análisis estadístico y cálculos de índices.

Los principales índices que se han ejecutado en este Trabajo de Fin de Grado ha sido el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) e Índice de Severidad del Fuego (NBR). El NDVI, se ha realizado mediante la banda infrarroja cercana (8) y la roja (4), y estableciéndose la siguiente formulación:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED})$$

Además, el NBR se ha llevado a cabo mediante la longitud de onda de la banda NIR (8A) y la SWIR (11), y realizándose la siguiente formulación:

$$\text{NBR} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

Por último, se ha calculado el promedio de los incendios forestales y grandes incendios forestales desde el 1975 hasta la actualidad. En este caso se ha realizado el cálculo de la siguiente manera:

$$\text{Promedio incendios} = (\text{número de días entre incendios} * 100) / 365$$

5. RESULTADOS.

En este apartado, se va a realizar un estudio pormenorizado del sistema eco-geomorfológico del Gran Incendio Forestal acontecido en Sierra Bermeja en el año 2021, para ello, se van a tratar datos de bases estadísticas. Estos, han sido verificados por las fuentes bibliográficas consultadas, además del apoyo de un soporte cartográfico detallado y el empleo de herramientas de teledetección. Con el fin, de alcanzar los objetivos e hipótesis marcados para este Trabajo de Fin de Grado.

5.1 Evolución histórica y dinámica territorial de los incendios forestales producidos en Sierra Bermeja, periodo desde el 1950 hasta 2021.

Como se vio anteriormente, el fuego es un factor ecológico natural de los ecosistemas terrestres (Mataix y Cerdá, 2009), que, desde el Plioceno se encuentra presente en los ecosistemas Mediterráneos (Bodí et al., 2012). Por lo tanto, es un agente histórico de la dinámica del sistema eco-geomorfológico Mediterráneo. Con lo cual, Sierra Bermeja no ha sido menos y ha sufrido desde el año 1950 el efecto de 33 incendios forestales (IIFF, en adelante), de los que, un total de 14 incendios fueron catalogados como Grandes Incendios Forestales (GIF, en adelante).

Por esta razón, en el presente apartado se va a mostrar una evolución de estos IIFF desde el año 1950, con el fin, de obtener aquellas superficies que han sido afectadas por el fuego y el número de veces, para poder identificar aquellas zonas que han sido damnificado por estos en una o varias veces, y, además ser capaz de actualizar los promedios de GIF, en el área de estudio. Con lo cual, los históricos incendios forestales de Sierra Bermeja son los siguientes:

Comenzamos con la etapa de **1.950 a 1.975**, en este quindenio se produjo un total de siete incendios forestales en Sierra Bermeja, en primer lugar, en el año 1.956 se generó un incendio que no llegó a ser GIF, pero las llamas alcanzaron el pinsapar del Paraje Natural de Los Reales. Por lo que, según los datos que aporta la sesión del gobierno del Ayuntamiento de

Estepona, ardieron aproximadamente 20 hectáreas. Quedando destruido un total de 1.000 pinos, 500 pinsapos y 5.000 pinos lechones (AHME, 1956).

En el año 1.966, se produce un segundo incendio, estableciendo un récord histórico de hectáreas quemadas hasta la fecha en el contexto andaluz, con 5.000 hectáreas (Araque, 2013). Este comenzó en el término municipal de Jubrique en el Arroyo de las Cuevas y se extendió por los montes públicos de Casares, Estepona y Genalguacil, alcanzando las llamas la ladera oeste de Los Reales (Martos y Zotano, 2017).

Los términos municipales más afectados fueron Casares, dónde quedaron calcinados el 45% de los pies de pinos resineros y el 86% del territorio calcinado se declaró superficie rasa y muy clara, y Estepona con un 59% de los pies de pino negral, quedando el 90% del territorio incendiado con una superficie sin ningún tipo de vegetación (Gómez-Guillamón, 1972; Gómez-Guillamón y Maraver, 1972). En definitiva, el área occidental quedó, en su mayoría, sin vegetación arbórea forestal.

Este incendio, supuso el fin de un intervalo de 34 años sin incendios en la ladera norte de Sierra Bermeja, ya que, las llamas llegaron hasta el área del Cerro Porrejón, Peñas Blancas y las Aguzaderas. Pero, sin ninguna duda, la ladera más afectada fue la meridional, siendo un incendio devastador en el aspecto ambiental y patrimonial, debido a que nos encontramos en una época dónde el aprovechamiento forestal maderero era uno de los pilares económicos básicos de las entidades municipales (Vega 1999; Martos y Zotano, 2017).

Figura 3. Incendio en Sierra Bermeja 1966.

A B C. DOMINGO 7 DE AGOSTO DE 1966. EDICIÓN DE LA MAÑANA. PAG. 65.

EL INCENDIO FORESTAL DE SIERRA BERMEJA AFECTA A VARIOS TÉRMINOS MUNICIPALES, CON PÉRDIDAS INCALCULABLES

Un millar de soldados participan en la extinción del más gigantesco fuego que se recuerda en la región malagueña desde hace cuarenta años

AL FIN HAN SIDO DOMINADOS LOS ÚLTIMOS BROTES DEL SINIESTRO DE LOS MONTES DE ALCIRA

Estepona (Málaga) 6. En Estepona se ha sofocado la mayor parte del incendio que afecta a su término forestal, aunque sigue ardiendo una amplia extensión del lugar conocido por "Veledín", y pequeños focos aislados que están siendo dominados. Los soldados de Aviación, que subieron a la sierra en principio, han sido relevados esta mañana, al mismo tiempo que llegaron otros 400 soldados del regimiento de Infantería Aragón número 17, de guarnición en Málaga, al mando de sus respectivos oficiales. La cifra de soldados que cooperaron en estos trabajos es de mil, aparte de los grupos de voluntarios civiles y Guardia Civil que permanecen en el lugar desde el comienzo del siniestro. También cooperan algunos extranjeros que se encuentran veraneando en Estepona y que se ofrecieron para ayudar en la extinción del fuego. Los daños en el término de Estepona, se calculan, oficiosamente, en unos setenta millones de pesetas, siendo cientos de mil-

sonalmente a esta localidad el capitán general de la IX Región Militar.—Cifra.

UN MUERTO Y VARIOS HERIDOS EN UN INCENDIO

Zaragoza 6. Una persona ha resultado muerta, otra sufre heridas gravísimas y tres más, graves, a consecuencia del derrumbamiento, por efecto de un incendio, de la techumbre de un almacén. El muerto es el joven de dieciocho años José Abadía; el herido gravísimo, es Julio Blasco Verást, de cuarenta y nueve años, casado, y los graves son, José Asín Burguete, de veinticuatro años; Gregorio Verge Sarría, de cuarenta, y Blas López Sarría, de cincuenta y uno, todos ellos agricultores, vecinos de Bardenas del Caudillo.

El incendio se declaró en un almacén de piensos y forrajes del nuevo pueblo de Bardenas del Caudillo, acudieron a sofocarlo los bomberos de Egta de los Caballeros y todo el vecindario del citado pueblo. Se quemó todo el pienso almacenado y, cuando se procedía a apagar las vigas encendidas de la techumbre, ésta se derrumbó, apalstando a los citados.—Cifra.

ES SOFOCADO EL SINIESTRO DE LOS MONTES DE ALCIRA

Valencia 6. Un equipo especial de extinción llegó esta mañana a Alcira enviado por la Diputación de Barcelona para sofocar los últimos rescoldos que se quedan en el valle de Murta. El citado equipo, que salió inmediatamente para el lugar del siniestro, está compuesto por cuatro motobombas, dos jeep-extintores, motosierras especiales y el personal especializado encargado de su manejo.

El fuego, según declaraciones del alcalde de Alcira, está dominado en su totalidad y no existe peligro de reproducción, únicamente se apagan los últimos restos que quedaban en el valle de Murta.

SE SUICIDA CON UN CARTUCHO DE DINAMITA

Avilés 6. Un minero se quitó la vida colocándose un cartucho de dinamita en la cintura y prendiéndolo fuego. El suceso ocurrió, ayer, a últimas horas de la tarde en pueblo de Illas (Avilés). Jorge Carreño Meunides, de cuarenta años, casado, con cinco hijos, trabajaba en una mina de Caolin en el pico de Gorfoll. Después de salir de su trabajo tuvo una discusión familiar tras la cual marchó a un prado cercano a su casa y se ató a la cintura un cartucho de dinamita que se supone había extraído de la mina, y le prendió fuego. Murió en el acto.

ACCIDENTES DE CIRCULACION

Valladolid. Una persona ha resultado muerta y otras cuatro más heridas a consecuencia de un accidente ocurrido en el



Fte. Edición del 7 de agosto de 1966 del periódico ABC.

En el año 1.969, se produjeron dos incendios forestales en Sierra Bermeja. El primero de estos, comenzó el 20 de abril en el término municipal de Estepona, en el Arroyo Palomino.

Generando la quema de grandes dimensiones de pinos resineros. El segundo IIFF, se produjo el 19 de julio en Sierra Real, en la cara este de Sierra Bermeja. Este se generó en el Sestillejo (Término municipal de Tolox) y continuó hacia el oeste alcanzando la Solana de la Cruz. Afectando aproximadamente a unas 1.500 hectáreas de pinos y alcornoques, y arrasando con buena parte de los pinsapos de la cara norte de Sierra Real (Martos y Zotano, 2017).

Nuevamente, en el año 1.971, se vuelven a producir tres incendios forestales. En primer lugar, en el mes de julio en el término municipal de Estepona. El segundo, se produjo a principios del mes de agosto en la Rabiacana. Por lo que, según figura en el informe de Incendios Forestales de ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza), en este incendio, no se superó las 500 hectáreas de pino resinero, de manera que, no alcanzó a ser un GIF. Y, por último, a finales de agosto en el Monte Luque (Casares) consiguiendo las llamas propagarse hasta la cara oeste de Sierra Bermeja, aunque, en este caso, tampoco se llegó a sobrepasar las 500 hectáreas (Martos y Zotano, 2017).

Para finalizar este periodo, se destaca el incendio de 1.974, el cual, se produjo al sur de Sierra del Real, en el término municipal de Istán y se desplazó hacia el margen derecho del río Verde, por lo tanto, alcanzando el término municipal de Benahavís. Según afirman Martos y Zotano (2017), el fuego estuvo muy cerca de arrasar el pueblo de Istán. Además, añade que las especies más afectadas fueron Alcornoques, quejigos y pinos resineros. Por último, el ICONA, estableció que el incendio calcinó un total de 2.500 ha en Sierra Bermeja.

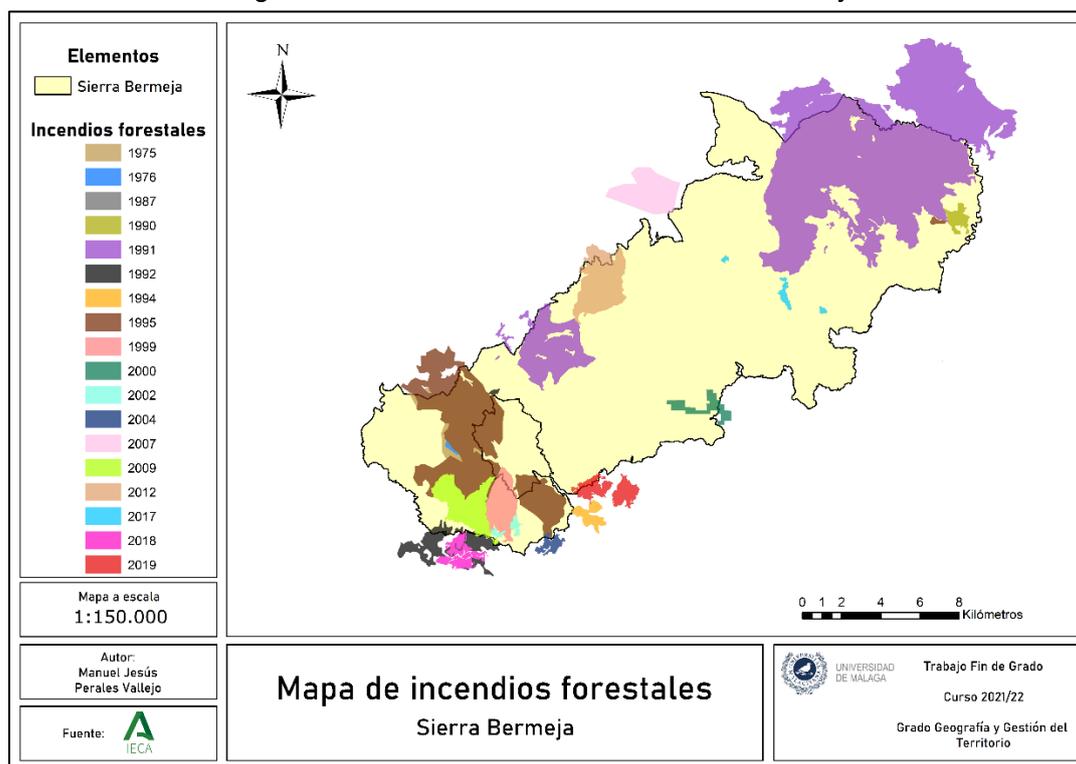
A partir del 1.975 hasta la actualidad, se produce un cambio de dinámica de los IIFF. En gran parte, motivada por el abandono de las actividades tradicionales relacionadas con el medio ambiente, y el gran desarrollo turístico y urbanístico que lleva sufriendo desde el principio de los años setenta la Costa del Sol Occidental. Esto, ha conllevado un aumento de los incendios forestales con el paso de los años. En las mismas líneas, Araque (2013) muestra que Andalucía es una de las regiones más afectada por los IIFF del Arco Mediterráneo Europeo, con más de 400.000 ha quemadas.

Además, en este periodo se han producido los GIF de mayor extensión en el área de Sierra Bermeja. Destacándose, el denominado “gran incendio forestal de Sierra Bermeja” en el año 1.975, el GIF de 1.991 que afectó a Sierra Bermeja, Sierra de las Nieves y Bornoque, ambos incendios cercanos a las 10.000 ha, y, por último, el incendio producido en el año 2.021 denominado como “IF Jubrique” y que arrasó, con la friolera cantidad, de 8.401 ha aproximadamente. Asimismo, según la afirmación de Araque (2013), los años 1.975 y 1.991, fueron catastróficos en el ámbito andaluz y malagueño, ya que se calcinaron unas 40.000 ha en cada uno de esos años. Como se puede observar en la figura 4 y 5, estos GIF se establecieron sobre las áreas con litologías serpentínicas y peridotíticas, dominadas por la abundancia de coníferas, en especial, la especie de *Pinus pinaster*.

Para este periodo, se ha realizado una cartografía, en la cual, se han recopilado los incendios históricos para el área de Sierra Bermeja desde el año 1975. Obteniendo esa información vectorial de la base de datos y descargas de REDIAM. Por otro lado, los datos estadísticos desde el periodo de 1975 a 1991, han sido obtenidos gracias a las estimaciones y resultados ofrecidos por el ICONA y la Brigadas de Investigación de Incendios Forestales (BIIF). Pasado el 1991, el INFOCA y la BIIF ofrece una información más precisa de estos incendios forestales históricos, ya que se muestran unos perímetros exactos de las hectáreas incendiadas y el punto de comienzo de ellos, todo esto, transferible a herramientas de Sistemas de Información Geográfica.

A continuación, con el apoyo de la figura 4 se va a realizar un desarrollo de los incendios producidos en Sierra Bermeja desde el 1975 hasta la actualidad, para corroborar las afirmaciones bibliográficas, anteriormente mencionadas.

Figura 4. Evolución incendios forestales en Sierra Bermeja.



Fte. REDIAM (Elaboración propia).

En el año 1975, se produjo uno de los incendios más devastadores de la historia de Sierra Bermeja, este comenzó en el término municipal de Igualeja en el Puerto de los Hoyos, debido a la quema de rastrojo de castaños. Favorecido por el viento, se trasladó muy rápidamente desde los puntos más altos de Sierra Palmerita hasta las áreas periurbana de Estepona, afectando a las cuencas de los ríos Guadaiza, Guadalmanza, Guadalmina y Seco. Las llamas siguieron avanzando hasta el término de Benahavís donde arrasó con gran parte de sus pinares. Poniendo en un grave aprieto a su población, ya que esta tuvo que ser evacuada

(Martos y Zotano, 2017). Según Martos y Zotano (2017; pág. 407), “se incendiaron La Pacheca, Montemayor, El Paraíso, Costalita, Coscojales, montes del Ayuntamiento, Loma del Hinarro y Cerro de la Horca, La Camindal...”. Como se intuye, una gran parte del término municipal de Benahavís, San Pedro de Alcántara y Estepona, dentro de los límites de Sierra Bermeja, quedaron completamente arrasados. El periódico ABC, estableció el número de hectáreas de este incendio en 12.000 aproximadamente, pero si nos centramos en los datos del Ministerio de Agricultura, fueron 10.218 ha (Araque, 2013). Este incendio, fue el primer GIF que arrasó con tal cantidad de hectáreas y el más violento que se recordaba hasta la fecha. Además, de ser el primer GIF conocido que se produjo en un periodo fuera de la estación estival (Martos y Zotano, 2017).

Entre los históricos GIF del 1.975 y 1.991, se produjo un total de cuatro incendios forestales (1.976, 1.980, 1987 y 1.990), siendo el más destacable el IIFF del año 1980, que no llegó a ser GIF según los datos del ICONA. Nuevamente, se produce un incendio en el término municipal de Estepona, exactamente en los Hoyos de Calonga, dónde afectó a una masa arbórea de alcornoque sobre peridotitas. Este llegó a adentrarse en el término de Benahavís afectando al área de montes de la Unión Resinera Española. Produciéndose unas pérdidas valoradas en 75 millones de pesetas (Martos y Zotano, 2017).

En el año 1991, se produjeron dos GIF en Sierra Bermeja, el primer incendio se generó en el mes de mayo, este comenzó en el término municipal de Estepona y se extendió a los municipios colindantes de Genalguacil y Jubrique (Martos y Zotano, 2017). Según los datos del ICONA, se calcinaron un total de 1090 ha, siendo aproximadamente 900 ha de vegetación arbolada (en su mayoría, coníferas) y unas 200 ha de matorrales. El segundo incendio, es considerado uno de los peores GIF de la Serranía de Ronda, debido a su magnitud y la alta pérdida ecológica que conllevó. Este se produjo el 7 de agosto entre los municipios de Benahavís e Igualeja (Sierra Trincheruelas) afectando los términos municipales de Benahavís, Igualeja, Parauta, Istán y Tolox. Por lo que, únicamente, no se concentró en Sierra Bermeja, sino que calcinó una buena parte del actual Parque Nacional Sierra de las Nieves.

Según Martos y Zotano (2017; pág. 412), “el fuerte viento de poniente reinante unido al estrés hídrico de la masa vegetal, hizo que rápidamente se extendiera el fuego ladera abajo por el valle del río Guadaiza, y hacia el este, recorriendo el Cerro Abanto, Cerro del Duque, Puerto de la Refriega y Sierra del Real, llegando hasta la vecina Sierra de Tolox y Bornoque”. El incendio tardó en extinguirse unos 5 días, por lo que en esos días se produjo la pérdida del pinsapar del Cerro Abanto, y las cañadas situadas entre el Cerro del Duque y Sierra del Real. Perdiéndose un total de siete pinsapares. Además de los pinsapos, las especies forestales que se vieron más afectadas fueron, sobre peridotita, Pinus pinaster cohabitando con enebros y coscojales. Sobre los gneis, se produjo la destrucción de Quercus, en su mayoría, alcornoques. En el Puerto del Robledal, se calcinó un bosque de roble melojo que supuso la extinción de

esta especie en Sierra Bermeja. Y, por último, un encinar en crecimiento en los Hoyuelos (Martos y Zotano, 2017).

Como se puede observar en la figura 5, tras el incendio los *Pinus pinaster* y los pinsapos, bosques de alto interés ecológico, quedaron completamente calcinados y doblados por sus fustes, como consecuencia, de la gran virulencia del incendio. El grave problema de la pérdida de estas especies de alto valor ecológico y ambiental, es su imposibilidad de recuperación, pues se trata de un territorio dominado por una litología peridotítica con unos suelos sumamente pobres, por lo que la vegetación arbórea le cuesta mucho recuperarse (Martínez et al., 2016). Actualmente, se ha recuperado de una buena forma las áreas de matorral, pero como se observa en la imagen tanto los pinsapos y como los pinos, como las áreas desprovistas de vegetación, han sufrido unas pérdidas de suelos incalculable y sin sufrir ningún tipo de recuperación (Tessler et al. 2016). En su caso, esas cubiertas están siendo recubierta por matorral de especies pirrófitas.

Figura 5. Pinsapos calcinados en Sierra Bermeja por el incendio de 1.991.



Fte. Canal UGR. José Gómez Zotano

A partir del 1.991, se produjo numerosos incendios forestales siendo los más destables: el IIFF de 1.992, 1995, 1.999, 2009 y 2012. El IIFF de 1.999, afectó al término municipal de Casares y Estepona, viéndose afectado un total de 600 ha según la Consejería de Medio Ambiente. Lo más destacable es que el incendio afectó al Paraje Natural de los Reales de Sierra Bermeja, gracias a las labores de extinción no hubo que lamentar pérdidas en el pinsapar. El origen de este fuego fue un antiguo vertedero sellado e incontrolado, localizado en los pies de Sierra Bermeja.

Tras el último GIF sucedido en el año 2012 en Sierra Bermeja, se produjo un periodo de inexistencia de incendios forestales de cinco años y medio. Este periodo, sería interrumpido de una manera alarmante, ya que desde el primer incendio que se produciría en el año 2017, año tras año se ha producido como mínimo un pequeño incendio forestal, alcanzando el culmen el 8 de agosto del 2021, cuando nuevamente se produjo uno de los incendios más devastadores del último siglo, calcinándose un total de 8.401 ha. Esto demuestra la fuerte presión a la que está sometida el macizo, como consecuencia, del crecimiento urbanístico del litoral Mediterráneo. Todo esto, conllevando con un aumento medio de los incendios por año, y dejando a merced del turismo la continuidad del valor ambiental de las sierras.

En definitiva, en los 72 años analizados, con respecto, a la dinámica territorial y superficie afectada se han extraído una serie de valores y resultados muy significativas, desde el año 1950 se han producido un total de 33 incendios forestales, de los cuales, 26 de estos se han ocasionada a partir del 1975. En esos incendios se han calcinado un total de 36.678,43 ha. Concentrándose la gran parte de esas hectáreas en los GIF de 1.975, 1.991 y 2021, lo que reafirma que un conjunto de factores abióticos bióticos y sociales pueden provocar que pocos incendios quemem grandes extensiones del territorio (Moreno et al., 1998).

Figura 6. Dinámica territorial de los incendios forestales en Sierra Bermeja desde 1975.

Nº de incendios	Fecha	Año	Término municipal (Inicio)	Hectáreas afectadas	GIF	Promedio año GIF	Promedio año IIFF
1	N.I	1975	Casares /Genalguacil	866	Sí	N.I	N.I
2	17/11/1975	1975	Igualeja	10218	Sí	1,22	1,22
3	N.I	1976	Casares /Genalguacil	258,45	No		N.I
4	25/07/1980	1980	Estepona	500	No		4,73
5	03/03/1987	1987	Jubrique	32,61	No		6,63
6	11/10/1990	1990	Istán	111,78	No		3,65
7	21/05/1991	1991	Estepona	921,96	Sí	15,52	0,59
8	07/08/1991	1991	Benahavis	8156,75	Sí	0,21	0,21
9	10/08/1991	1991	Benahavis	178	No		0,08
10	28/08/1992	1992	Casares	544,51	Sí	1,06	1,04
11	16/07/1995	1995	Casares	2319,32	Sí	2,88	2,88
12	04/09/1995	1995	Estepona	1078	Sí	0,14	0,14
13	12/09/1995	1995	Estepona	101	No		0,22
14	14/07/1999	1999	Estepona	523,72	Sí	3,86	3,85
15	18/06/2000	2000	Benahavis	178,79	No		0,87
16	02/01/2004	2004	Igualeja	5,5	No		3,51
17	08/08/2004	2004	Estepona	86,41	No		0,63
18	09/09/2009	2009	Estepona	532,85	Sí	10,16	5,09
19	04/02/2012	2012	Pujerra	772,79	Sí	2,41	2,35
20	20/08/2017	2017	Benahavis	32,39	No		5,51
21	19/12/2017	2017	Benahavis	11,6	No		0,27
22	21/07/2018	2018	Casares	209	No		0,6
23	19/08/2019	2019	Estepona	288	No		1,14
24	08/07/2021	2021	Jubrique	350	No		1,85
25	08/09/2021	2021	Jubrique	8401	Sí	9,51	0,17
Totales/Promedios 1975-2021	25			36678,43	11	4,70	2,05

Fte. REDIAM, INFOCA, BIIF, ICONA y Martos y Gómez Zotano (2017). Elaboración propia.

Con lo cual, los incendios en Sierra Bermeja se han convertido en algo recurrente en los últimos años. Esto es fácilmente comprobable, ya que si nos fijamos en la figura 6 se observan los promedios actualizados desde 1.975-2021, los cuales, muestran que se produce un incendio forestal en este macizo cada 2,05 años, una cifra muy alta y alarmante. Si nos fijamos en los GIF, se muestra que se produce un gran incendio forestal cada 4,7 años, comparándolo con otros autores observamos una clara dinámica, un aumento de los incendios. Ya que, según el estudio realizado por Martos y Zotano (2017), el promedio de 1950 a 2017,

muestra que se produce un GIF cada 4,27 años, además, Vega (1999) muestra que en el periodo de 1817-1997, es decir, en unos 180 años se produjeron unos 13 incendios, lo que contrasta con los 26 incendios sufridos en los últimos 46 años. Asimismo, para ese periodo, esos incendios suponen uno cada 14,5 años, un valor muy lejano de los actuales 4,7 años para un GIF o los 2,05 para un IIFF.

Desde 1975, la cara occidental de Sierra Bermeja ha sido recorrida por el fuego en más de una ocasión, siendo el área con una mayor afección, destacando el sureste y noroeste del Paraje Natural de Los Reales y los Baños del Duques (*Véase Mapa 10, Anexo Cartográfico*), donde se localiza una extensión de unas 240 ha que ha sido recorrida en tres ocasiones por los incendios de los años 1.975, 1.976 y 1.995. En cambio, el área oriental, únicamente, ha sido recorrida en dos ocasiones por el incendio en la zona de Sierra Palmerita, pero, en este extremo, se han producido dos de los tres incendios de mayor extensión y peligrosidad, 1.975 y 1.991 (Martos y Zotano, 2017). Únicamente, se libra un gran zona situada en las cuencas del río Guadalmanza, Velerín y Castor, y pequeñas áreas muy repartidas por el área de estudio como puede ser el Monte Duque, los Cascajares, etc. Esto demuestra que hay zonas que durante un periodo de un siglo pueden arder multitud de veces y otras que no se llegan a incendiar (Gómez et al., 1998).

Para finalizar, los términos municipales más afectados por los incendios acontecidos en Sierra Bermeja son: Casares (Garganta de la Cuesta, Infierno, etc.), Genalguacil (Arroyo de la Cueva de los Vázquez) y Benahavís (Sierra Palmerita y curso alto del río Guadalmanza). Aunque, en los últimos años, el municipio de Estepona ha aumentado su afección acaparando una buena parte de los incendios (Martos y Zotano, 2017).

5.2. Análisis del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) e Índice de Severidad del Fuego (NBR).

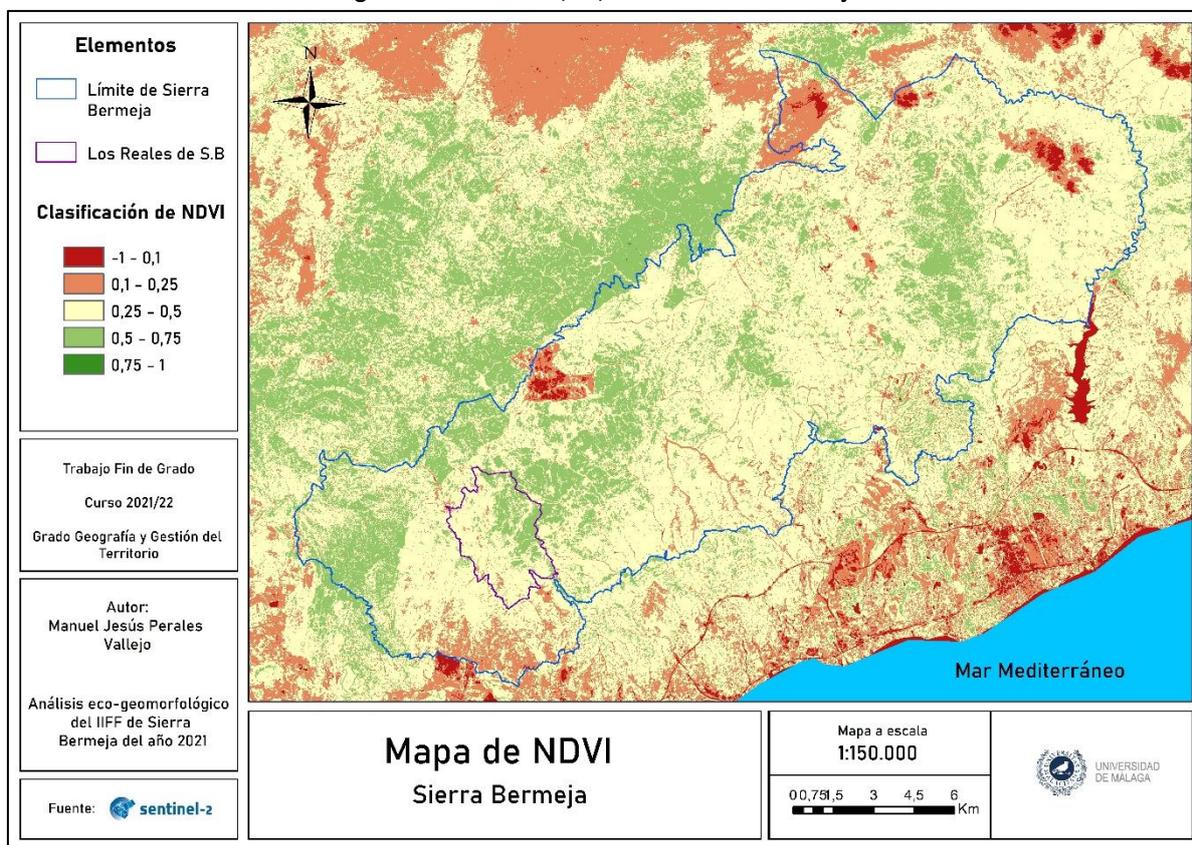
Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI).

En primer lugar, se ha realizado el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) sobre una imagen satelital de Sentinel-A del 19 de agosto (Figura 7) y otra del 4 de noviembre del 2021 (Figura 8), de modo que, se pueda realizar un análisis y comparación del efecto del incendio forestal sobre la cobertura vegetal del área de Sierra Bermeja. Puesto que, el NDVI mide la energía que absorbe y transmite las diferentes coberturas del suelo, pudiéndose diferenciar aquellas áreas con vegetación e identificar procesos anormales en su crecimiento y evolución, como puede ser un incendio forestal (Ortiz, 2019).

Con lo cual, los valores menores a 0,1 muestran aquellas zonas con suelos desnudos y masas acuáticas. Si se observa la figura 7, esta refleja la zona de Sierra Bermeja días antes del incendio, por lo tanto, estos valores se ubicaban en las cimas de Sierra del Real, ciertos puntos de Sierra Palmerita (Encinetas), Cerro Abanto, los Cascajales y el área afectada por el incendio

de Julio en el término de Jubrique (desde el extremo septentrional del arroyo del Quejigo hasta el área meridional del poblado de la Monarda). Además, se destaca de una manera muy clara el embalse de la concepción y pequeñas balsas que se encuentran repartidas por Sierra Bermeja. En cambio, si se analiza la imagen del 4 de noviembre, ya se observa perfectamente las áreas afectada por el GIF del 2021 y su efecto sobre la vegetación, produciendo valores más bajos a 0,1. Con lo cual, cabe añadir las siguientes áreas a estos valores: Canalizo, Anicola, Alto-Porrejón, Puerto de los Arrecidos y Chaparral, Jardón, Puerto de Peñas Blancas, gran parte de las laderas situadas en los bordes de los ríos Castor, Padrón y Velerín hasta las áreas periurbanas de Estepona, ciertos puntos del Paraje Natural de Los Reales, extremo occidental del Monte Luque, Los Realillos, Laja de los Lucios, puntos situados desde el Cerro del Águila hasta el término de Estepona. En definitiva, se observa una gran afección sobre la mayor parte de la vegetación, aunque cabe destacar que una buen parte del pinsapar de Los Reales no ha sufrido daños.

Figura 7. NDVI del 19/08/2021 de Sierra Bermeja.

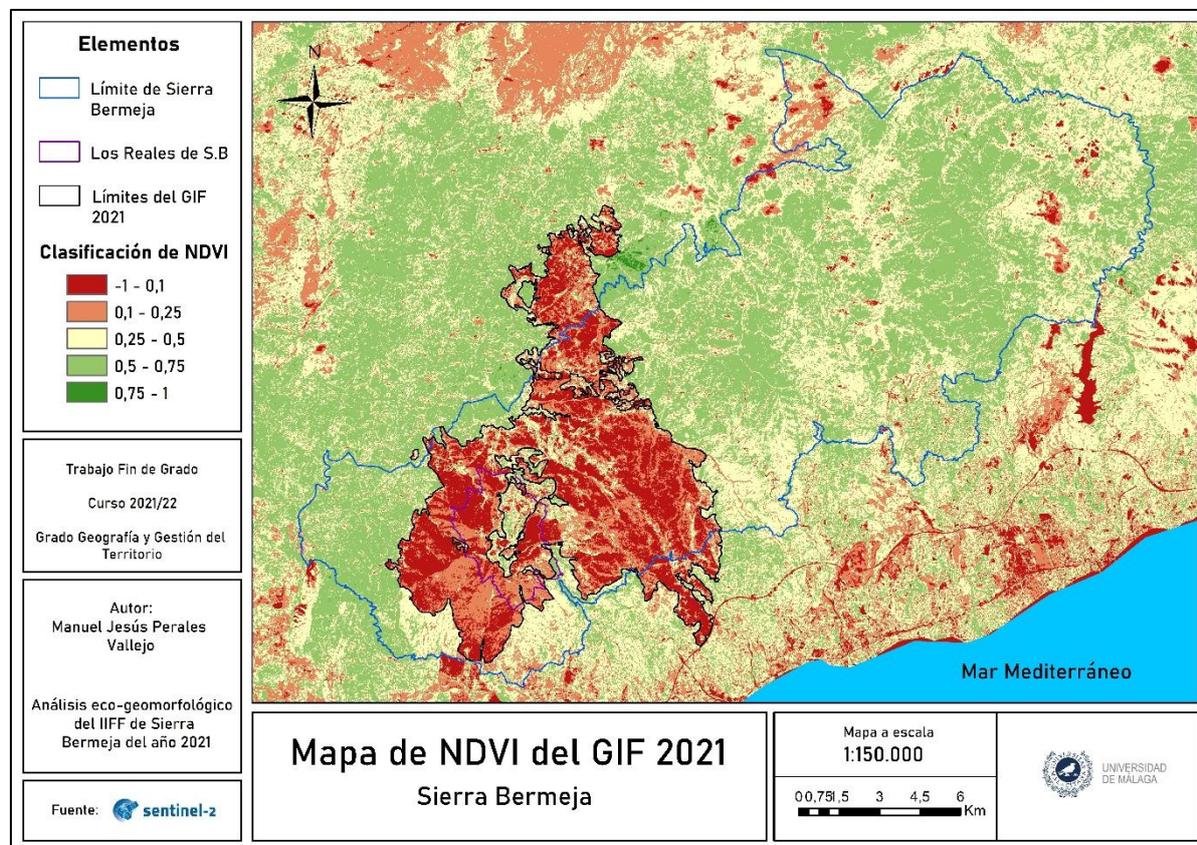


Fte. Sentinel-A. Elaboración Propia.

Los valores situados entre 0,1 y 0,25, reflejan una cubierta con una vegetación muy reducida. Antes del incendio, estas áreas se ubicaban en un gran sector entre los límites municipales de Casares y Estepona (Cerro del Águila y Minas de San Manuel), zonas periurbanas de Montemayor y La Zagaleta, ciertos puntos de cultivos en Igualeja y Benahavís, y las áreas por donde discurren los principales ríos de Sierra Bermeja como son el Guadaiza, Castor, Guadalmedina, etc. En la imagen del 4 de noviembre, se añade a estos valores los

puntos con una menor afección del GIF del 2021, situados alrededor de las zonas mencionadas anteriormente dentro de los términos municipales de Benahavís, Casares, Estepona y los municipios del Valle del Genal. En estos valores, la afección del incendio es menor, ya que muestra aquellas zonas que no han sido calcinadas completamente, sino que, ha sido afectado por la parte baja como, por ejemplo, aquellas coníferas que no han sido quemadas por su copa.

Figura 8. NDVI del 04/11/2021 de Sierra Bermeja.



Fte. Sentinel-A. Elaboración Propia.

Los valores situados entre 0,25 y 0,5, refleja una vegetación no muy vigorosa como los matorrales, pastizales y cultivos. Siguiendo esta pauta, se observa que la imagen de agosto refleja una gran deficiencia hídrica en Sierra Bermeja, esto se debe a que es la última parte del verano, con lo cual, gran parte de la vegetación herbácea y arbustiva se encuentra muy degradada. La mayor parte de Sierra Bermeja refleja estos valores, a excepción de aquellos sectores situados entre 0,5 y 0,75. Estos valores se localizan en las áreas de querníceas del Monte Duque, alcornoques y quejigales del Valle del Genal, pinsapar de los reales y los pinares que se encuentran en Sierra Palmerita y continuidad de los picos Alto-Porrejón hasta el Jardón y desde el cerro de Doña Juana hasta el Cerro del Caballo.

En cambio, en la imagen del mes de noviembre, ya se habían producidos las primeras lluvias otoñales, por lo que, todas aquellas áreas de matorral y vegetación herbácea habían reducido su estrés hídrico, por lo tanto, aumentado su coloración y alcanzando unos valores

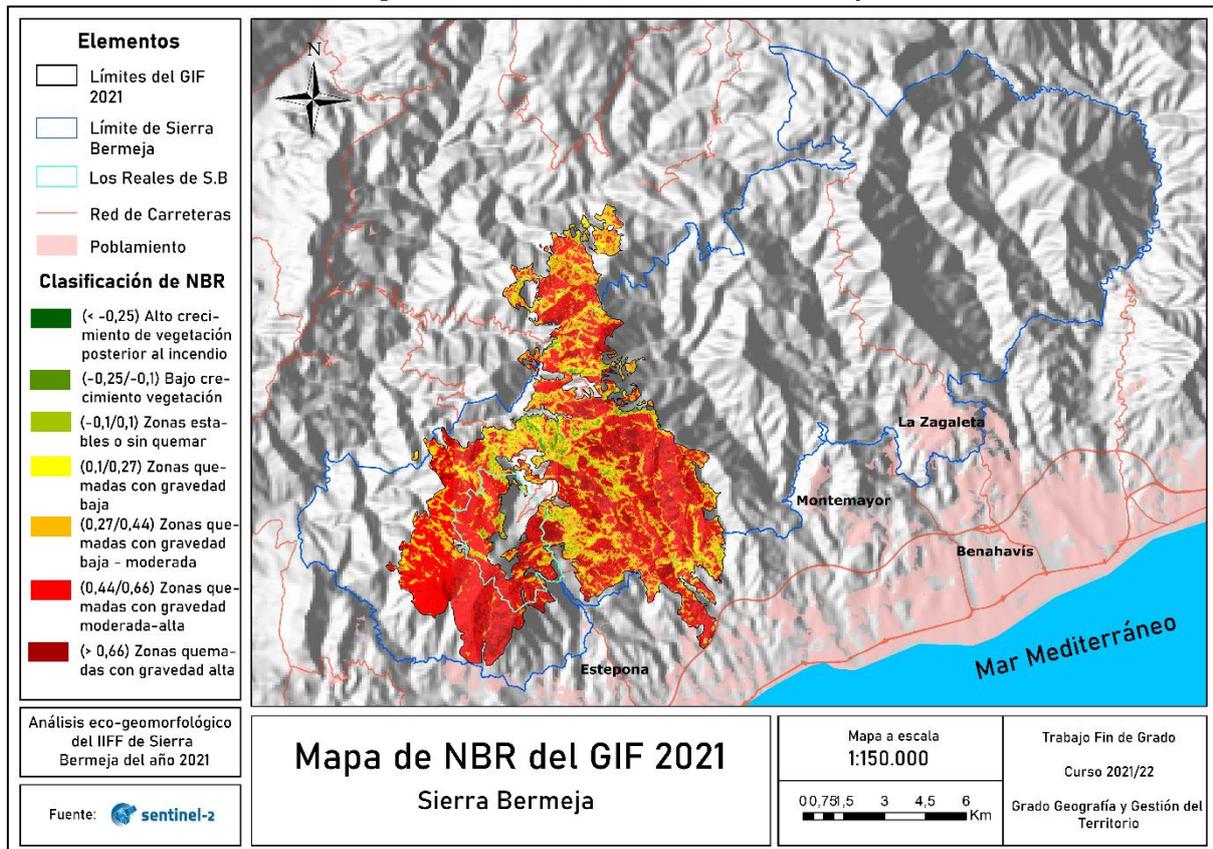
superiores de 0,25. Sin embargo, los sectores por donde discurren los principales ríos y arroyos ofrecen unos valores menores a 0,2. Y las áreas de Los Reales y los principales picos del oeste de Sierra Bermeja que fueron afectados por el incendio, pasaron a valores situados por debajo de 0,1 y 0,25, reflejando la afección del GIF sobre la vegetación natural y forestal (como se vio en el anterior apartado).

Para finalizar, los valores mayores a 0,75 muestran una vegetación densa como puede ser un bosque o un cultivo en su etapa de mayor crecimiento. En la imagen del 19 de agosto no existen estos valores, debido al estrés hídrico al que estaban sometido la vegetación. En cambio, en la imagen posterior al incendio se observan estos valores en las zonas del norte de Sierra Bermeja dónde se ubican los cultivos de castaños del Valle del Genal.

Índice de Severidad del Fuego (NBR).

En segundo lugar, se ha llevado a cabo el Índice de Severidad del Fuego (NBR). Como su propio nombre indica, ha sido realizado para analizar y evaluar el daño causado por el GIF del 2021 en el área de Sierra Bermeja, por ello se ha establecido sobre la imagen satelital perteneciente al 4 de noviembre.

Figura 9. NBR del 04/11/2021 de Sierra Bermeja



Fte. Sentinel-A. Elaboración Propia.

Con lo cual, si nos centramos en los valores menores a -0,25, es decir, un alto crecimiento de la vegetación posterior al incendio se observa que dentro de los límites del

incendio se ubican muy pocas zonas. Únicamente, en unos pequeños sectores centrales de Los Reales dónde no existe afección alguna. Por otro lado, las zonas con bajo crecimiento de vegetación y sin afectar por el incendio (-0,25/-0,1 y -0,1/0,1) se encuentran ubicados en ciertos sectores del arroyo del Quejigo y el Puerto Ballesteros, Charco Azul, áreas del Alto-Porrejón y zonas septentrionales de arroyo del Infierno y centrales de Los Reales de Sierra Bermeja. Por otra parte, las zonas del incendio con una afección baja y baja-moderada (0,1/0,27 y 0,27/0,44) se encuentran situadas en ciertas áreas de los Realillos, Laja de los Lucios, extremo septentrional del Monte Luque, parte noroccidentales y surorientales de Los Reales, un rectángulo situado entre el Puerto de Peñas Blancas, arroyo del Infierno y río Padrón, extremos occidentales del río Velerín, Castillo de Nicio, bordes del río Castor, ciertas áreas del Puerto del Chaparral y el pico Jardón.

Por otra parte, las áreas con una afección moderada-alta y alta (> 0,44) son los valores que más territorios ocupa. Destacándose el área suroccidental desde la Laja de los Lucios hasta los Castilleros y Minas de San Manuel, extremos septentrionales, suroccidentales y orientales de Los Reales, el entorno del Horno de los Almárgenes, Puerto de Artesa, pico Anicola, laderas situadas entre el río Castor y Velerín, áreas periurbanas de Estepona (entorno de Abejeras y Forest Hill), sectores orientales del Castillo de Nicio y ladera suroriental del Puerto del Chaparral. Por lo tanto, este mapa refleja la gran veracidad del incendio, ya que la mayor parte del territorio afectado muestra una afección moderada o alta.

Para concluir, esta cartografía basada en la técnicas de teledetección ha resultado de gran provecho para poder calcular el porcentaje de Sierra Bermeja que ha sido, como mínimo, afectada por el incendio. Obteniéndose que, el 27, 28% de la superficie de Sierra Bermeja ha sido afectada por el incendio y que solo el 12,85% del GIF ha afectado a zonas no pertenecientes al macizo.

5.3. Descripción eco-geomorfológica del área quemada.

En este último punto, se va a realizar un análisis de los aspectos físicos y humanos del área que fue afectada por el incendio del 2021 de Sierra Bermeja.

5.3.1 Contexto, áreas afectadas y dimensión del incendio.

El 8 de septiembre de 2021 se produjo uno de los más graves incendios en la historia de Sierra Bermeja y de España. Este comenzó aproximadamente a las 22:00 horas con dos focos en los términos municipales de Jubrique y Genalguacil, muy cercano al Alto-Porrejón entre los arroyos del Quejigo y Algarrobo. Favorecido por el viento, recorrió muy rápidamente las laderas hasta alcanzar el Puerto de Peñas Blancas. Una vez allí, recorrió todas las laderas de Pinus pinaster situadas entre los ríos Padrón y Cástor. Con lo cual, en esa misma madrugada alcanzó el término municipal de Estepona afectando a las áreas periurbanas de Forrest Hill y las Abejeras (Junta de Andalucía, 2021).

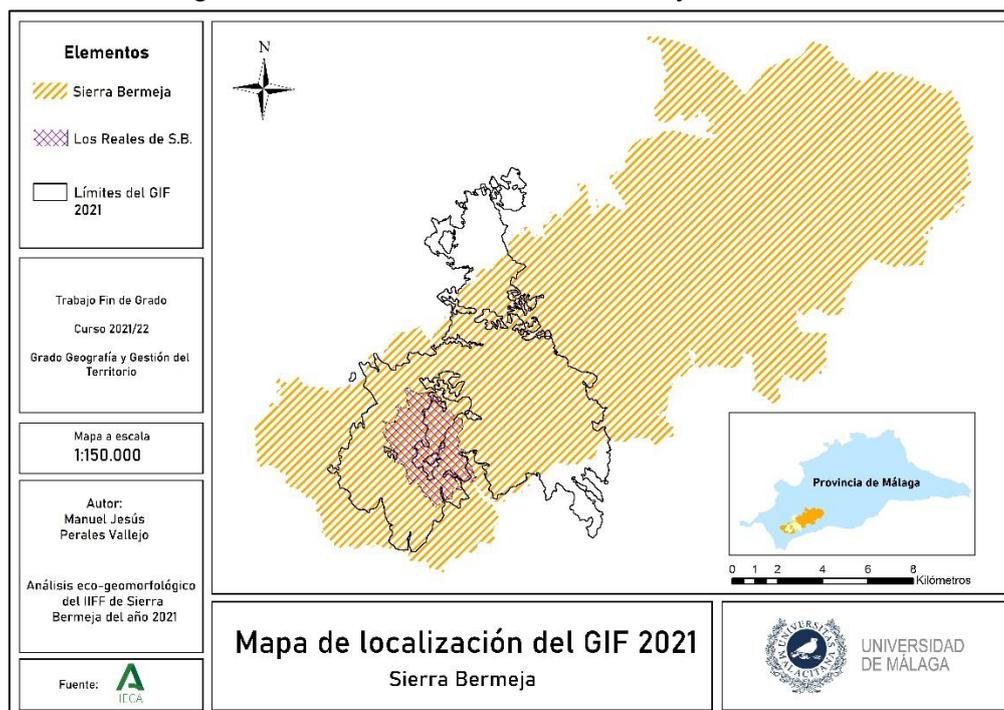
En el segundo día, el incendio era completamente incontrolable y ya había superado las 2.000 ha, con lo cual, era un GIF (> 500 ha). En ese día, el incendio se adentró en el término municipal de Benahavís, afectando a toda la cuenca del río Velerín y acercándose al área periurbana de Montemayor. Además, esa misma noche se produjo el fallecimiento de un bombero forestal, un efectivo perteneciente al INFOCA, que se encargaba de las labores de control del GIF. El día 10 de septiembre, el incendio se adentró en el Paraje Natural de Los Reales afectando parcialmente al pinsapar y, en la cara más oriental, alcanzó el pico Anicola (1212 m), el puerto de Artesa y Montemayor dónde hubo desalojos preventivos (Junta de Andalucía, 2021).

Entre los días 11 y 13, a pesar de los intentos de controlar el incendio, este rebrotaba una y otra vez. Evolucionando en tres direcciones: hacia el norte, alcanzando el Valle del Genal, Canalizo y quedando muy cercano del municipio de Jubrique y El Jardón, con lo cual, afectando al ZEC del Valle del Genal; al oeste, se adentró en el término de Casares, sobrepasando la Garganta del Infierno, Cerro del Águila, Los Realillos, la cima de Morrón del Zagaleta, etc.; y este, dónde avanzaba muy lentamente hacia La Resinera. En estos días, se tuvo que realizar el desalojó de los municipios de Genalguacil y Jubrique, por la cercanía del fuego, y luego Pujerra, Faraján, Júzcar y Alpandeire (Junta de Andalucía, 2021). Esto fue consecuencia de las pavesas que crearon nuevos focos en las áreas del Valle del Genal, alcanzando los puertos de los Arrecidos y el Chaparral. De manera que, el incendio se encontraba muy cercano de los municipios de Jubrique y Genalguacil.

En la madrugada del día 14 de septiembre el incendio avanzó hacia las gargantas del Palo y la Acedía, y las cercanías del Monte Duque, como consecuencia, del viento de levante. Pero, en el momento menos esperado, comenzaron una leves precipitaciones que ayudó a poder controlar el incendio, por lo que, a las 6:45 los efectivos del INFOCA dieron por controlado el incendio de Sierra Bermeja. Este tardó en darse por extinguido un total de 46 días, es decir, hasta el 24 de octubre (Junta de Andalucía, 2021).

De tal forma que, el incendio de Sierra Bermeja recorrió dentro sus límites un total de 8.401 ha, pero contabilizando el resto de los territorios son 9.640 hectáreas. Este incendio ha supuesto que el 60% de las hectáreas quemadas en Andalucía se hayan producido en Sierra Bermeja, ya que para final de año en Andalucía se quemó un total de 12.730 hectáreas. El incendio afectó a un total de 7 municipios, los cuales, son Benahavís, Casares, Estepona, Faraján, Genalguacil, Jubrique y Júzcar. Los municipios con mayor afección son Estepona (4.117,77 hectáreas) y Casares (1.305,29 ha). Además, el término municipal de Benahavís, únicamente, fue afectado por 0,48 ha (Boletines de análisis y seguimiento de incendios forestales, Junta de Andalucía, 2021).

Figura 10. Localización del GIF de Sierra Bermeja del año 2021.



Fte. Sentinel-2, DERA y REDIAM. Elaboración Propia.

La particularidad de este GIF es que fue considerado uno de los primeros incendios de sexta generación producidos en España y uno de los primeros en provocar tanta peligrosidad sobre las poblaciones cercanas. Esto se debe a que durante el incendio se libera tal cantidad de energía que se generan unas condiciones en la que el fuego tiene la capacidad de poder controlar las condiciones meteorológicas, generando unas tormentas de fuego conocidas como pirocúmulo (*Véase Imagen 1, Anexo fotográfico*). La principal causa es la aridez extrema que está provocando el cambio climático, convirtiéndolo en un incendio imparables para los medios y efectivos de extinción (Castellnou, 2018).

5.3.2 Topografía y pendientes.

Una de las principales características que explica la dificultad de control y extinción de este incendio, ha sido la abrupta orográfica que presenta el territorio (favorecido por el viento de levante). Sierra Bermeja ofrece una topografía accidentada caracterizada por una serie de pendientes muy abruptas, el 70% de las pendientes son superiores al 50% de desnivel, y unos valles encajados con formas paralelas. Estos factores sumado a unos fuertes vientos provenientes del Estrecho de Gibraltar, convierte a esta zona, en un territorio con un elevado riesgo de incendio. Con lo cual, cuando se produce un IIFF con estas condiciones favorables es prácticamente incontrolable, debido a la extrema intensidad que es capaz de alcanzar (Martos y Zotano, 2017).

Como se observa en el figura número 7, el área afectada por el GIF es el sector oeste de Sierra Bermeja. Exactamente, en la cadena montañosa del Arroyo Horcajo y de Los Reales,

una zona donde se encuentran unas cimas superiores a los 1.000 m.s.n.m, destacándose los picos de Los Reales (1.452 m), Anicola (1.212 m), Canalizo (1.116 m), Alto-Porrejón (1.192), Jardón (1.158 m), etc. El sector norte del incendio está conformado por materiales metamórficos, coincidiendo con el comienzo del dominio de la ZEC del Valle del Genal. Sobresalen unas zonas de valles dónde se encuentran unos valores de altitud entre 450-750 m.s.n.m, pero se alcanzan unas altitudes superiores a los 1.100 metros de altitud (Jardón o Canalizo) (Gómez, 1989).

En cambio, el extremo meridional, central y occidental está conformado por materiales peridotíticos. En las zonas centrales se identifican los puntos más altos de las áreas afectadas por el incendio, alcanzándose una altitudes superiores a 1.400 m.s.n.m en Los Reales. Además, se observan unas altitudes situadas entre los 750-1.452 metros (Los Realillos, Puerto de Peñas Blancas, Alto-Porrejón, etc.) Por otro lado, en las áreas occidentales, se ubican las cotas medias del GIF con unas altitudes situadas entre los 250-550 m.s.n.m, destacándose el Cerro del Águila, Laja de los Lucios, áreas nororientales del Monte Duque, Minas de San Manuel, Los Castillejos, etc. Y, por último, los puntos más bajos (menores a 250 m) del incendio se identifican en las ZEC del río Castor y Padrón, en las zonas más cercanas al núcleo municipal de Estepona.

Figura 11. Puerto de Peñas Blancas, a 972 metros de altitud, días después del GIF.



Fte. Diario Sur. Ñito Salas.

En cuanto a las pendientes, en las áreas más occidentales y centrales, se ubican las pendientes más abruptas, siendo superiores al 80% y correspondiendo a las laderas de Los Reales de Sierra Bermeja (*Véase Mapa 4, Anexo Cartográfico*). Esto se debe a que estas zonas están dominadas por litologías peridotíticas, dónde se observan unas pendientes de entre el 40% y el 80%. Si nos fijamos en las áreas más al norte (ZEC Valle del Genal), el dominio de materiales esquistosos provoca que se encuentren unas pendientes menores, ubicadas entre el 20%-40%.

Las áreas más meridionales que fueron afectadas por el incendio, como son el caso de los ríos Velerín, Padrón o Castor, es dónde se encuentran unas pendientes muy bajas o nulas. Las cifras de pendientes se ubican entorno al 3% de media, además, mientras más nos acercamos a las áreas urbanas de Estepona y Benahavís, estas pendientes continúan disminuyendo y se observa una mayor antropización, como consecuencia, de unas mejores condiciones para poder establecer cultivos.

5.3.3. Litología y Geomorfología.

La litología principal del área incendiada son las peridotitas y la formaciones de serpentinitas (Véase Mapa 3, Anexo cartográfico). Esta litología se encuentra ubicada en las áreas centrales del incendio como Los Reales, Alto-Porrejón y Puerto de Peña Blancas (Figura 8) y las áreas meridionales de los términos municipales de Casares (Cerro del Águila), Estepona (Desde las Minas de San Manuel hasta el río Velerín, a excepción de la cuenca del río Cala) y Benahavís (áreas cercanas de Montemayor).

Estos materiales pertenecen a las unidades internas de las Cordilleras Béticas, exactamente al Complejo Alpujarride, con lo cual, fueron depositados en el Oligoceno. La peridotita está caracterizada por ser rocas de mucha dureza y muy pesadas, como consecuencia, de su gran contenido de materiales pesados. Se presentan con unas pendientes muy abruptas y con una gran cantidad de barrancos, además, estas laderas están conformada por una serie de relieves muy erosionados (materiales angulares). La descomposición terrosa de estos materiales son los que ofrecen el color rojizo característico de Sierra Bermeja, este proceso recibe el nombre de serpentización. Y se puede producir por la afección de agentes hidrotermales y agentes atmosféricos (Castillo, 2014; Zotano, 2014).

En las áreas peridotíticas afectadas por el incendio, se pueden destacar una serie de procesos geomorfológicos relacionados con el viento, el frío y la lluvia, estos fenómenos producen unos modelados caracterizado por la erosión hídrica, fluvial y de vertientes. Con lo cual, se observa una orografía con saltos de aguas y cascadas, y el encaje de ríos y arroyos sobre las laderas conformando valles paralelos y encajados. (Castillo, 2014; Zotano, 2014).

Por otro lado, en las zonas septentrionales de los términos municipales de Casares, Genalguacil y Jubrique se ubica el zócalo de esquistos, micasquistos y filitas. Estos materiales pertenecientes a los tres complejos de las unidades internas presentan unos relieves más reducidos y menos abarrancados que los macizos peridotíticos. Por lo tanto, se destacan una serie de cerros con altitudes moderadas con una agresiva afección por parte de los agentes erosivos (Castillo, 2014).

5.3.4. Vegetación y edafología.

Con respecto a la vegetación, según los datos ofrecidos por el INFOCA, de las 9.640 hectáreas calcinadas unas 8.400 aproximadamente pertenecen a especies naturales y

forestales. Estas especies de gran valor botánico se encuentran localizadas en el entorno natural de Sierra Bermeja y Valle del Genal, un espacio que tardará años en poder recuperarse e incluso, determinadas especies endémicas, nunca más volverán a recuperarse.

Si se desglosan estas cifras, observamos que 3.835 hectáreas pertenecen a especies arboladas y 3.828 de matorral. En las áreas incendiadas de Sierra Bermeja, las especies forestales más afectadas son los Bosques de *Pinus pinaster* (**Véase imagen 2, 3 y 4, Anexo fotográfico**), estos tienen una doble defensa para los incendios como son un troco sin ramas y la liberación de piñones para la producción de nuevos pinos (Imagen 4), por lo que aquellas áreas de pinos negrales y resineros sin una gran afección podrán recuperarse y, además, se producirá la germinación de nuevos pinos. Y los pinsapos (*Abies pinsapo*), siendo una especie endémica de la Serranía de Ronda y solo encontrándose tres pinsapares en el mundo, de los cuales, se destaca el pinsapar de Los Reales (Figura 9). La cifra de afección sobre estos se encuentran entorno a los 1.000 pinsapos calcinados según los datos ofrecidos por la Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional (2021) y la Junta de Andalucía estableció las cifras en torno a 148 hectáreas, afectando al 10% del Paraje Natural. El grave problema de esta especie endémica es que una vez que se quema se degenera y desaparece (Latorre, 2021).

Figura 12. Abies Pinsapo afectado por el incendio en Los Reales de Sierra Bermeja.



Fte. Javier de Luis.

En cambio, en las áreas de la ZEC del Valle del Genal la afección se ha producido sobre aquellos bosques continuos compuestos por una gran variedad de especies como son los castaños (150 hectáreas afectadas, Imagen 5), alcornoques, quejigos y pinos de Monterrey. Los *Quercus Suber*, también, están adaptados para poder regenerarse debido a la gran corcha

que lo protege y en ciertos puntos entre el Valle del Genal y Sierra Bermeja ya se observan indicios de recuperación (**Véase imagen 6, Anexo fotográfico**).

Con respecto a los matorrales, las especies más afectadas son los matorrales mediterráneos como los jarales, brezales, jaguarzales, coscojas, etc. (Latorre y Triana, 2016). Si nos fijamos en la imagen (Anexo de las Imágenes) número 8, se observa la recuperación de los palmitos por la base de sus hojas, siendo otras de las especies de matorrales afectadas en el incendio, y el crecimiento y recuperación de los *Quercus cocciferae* (Coscojas, imagen 7). Además, la especie endémica de *Ulex baeticus subsp. Baeticus* (**Véase imagen 9, Anexo fotográfico**) no ha sido muy afectada por lo que parece que se va a recuperar de forma favorable. En muchos casos, estas especies calcinadas serán sustituidas por especies pirrófitas más resistentes a los incendios (Latorre, 2021).

Por último, un total de 736 hectáreas pertenecen a áreas de pastizales afectadas por el incendio. En el caso de las especies pirogenéticas como el esparto ya se están recuperando. Lo mismo ocurre con los juncos churreros, las gramíneas, la siempre viva de Sierra Bermeja (*Armeria Colorata*), etc. En cambio, en las gargantas de En medio y Acedías se ubicaban uno de los endemismos más escasos de Sierra Bermeja, la *Centaurea lainzii*. Esta especie endémica ha sido reducida a ceniza, por lo que, puede ser el fin de esta en el macizo (Latorre, 2021).

Edafología.

Los dos principales sustratos edáficos existentes en las áreas afectadas de Sierra Bermeja son los Luvisoles crómicos situados en las zonas centrales y meridionales, y los Cambisoles éutricos ubicados al norte de Sierra Bermeja y el área afectada del Valle del Genal (**Véase Mapa 7, Anexo Cartográfico**). Tras producirse el incendio, los suelos quedaron completamente descubiertos de vegetación natural y forestal. Para evitar el arrastre de materiales procedentes de las laderas se ha realizado un programa de desarrollo sostenible específico para Sierra Bermeja, basado en la recuperación ambiental y el desarrollo económico de los municipios afectados (Junta de Andalucía, 2021).

Una de las principales medidas adoptadas es la tala de las vegetaciones arbóreas afectadas muy gravemente y que puede caer sobre los caminos y carreteras situadas en Sierra Bermeja (**Véase Imagen 10 y 11, Anexo fotográfico**). A partir de estos restos de troncos, se están realizados faginas (Imagen 8) para establecer la contención de los suelos y reducir la capacidad erosiva, en caso de lluvias. A pesar de la labores, en el mes de marzo se produjo un episodio torrencial de aproximadamente 120 milímetros en tan solo 12 horas y la acumulación de 390-400 litros por metros cuadrados en 7 días, produciéndose un efecto negativo sobre las pérdidas de suelos. Por lo que, según expertos de CSIC las laderas con una severidad muy alta han podido llegar a perder hasta veinte toneladas por hectáreas, aumentando las dificultades para el crecimiento y recuperación de las especies vegetales post-incendios (La opinión de Málaga, 2022).

5.3.5. Fauna.

En el aspecto faunístico, es imposible poder cuantificar el número de especies afectadas, aunque la virulencia del incendio y la superficie afectada deja mostrar la magnitud de los hechos. Sierra Bermeja cuenta con más de 2.000 especies, entre las cuales, se destaca la presencia de 14 especies endémicas que solo se encuentran en este entorno. Por lo tanto, en este macizo se identifica una de las faunas más diversas del panorama andaluz (Román, 2021).

Las especies que pueden haber sufrido la mayor afección son esas 14 especies endémicas, ya que la mayor parte de estas son invertebrados con dificultad de desplazamiento para poder huir del incendio. Algunas de estas pertenecen a los grupos de coleópteros como *Misolampus subglabe*, insectos como la mosca de las piedras (*Leuctra bidula*), y anfibios como el camaleón común (*Chamaeleo chamaeleon*). Los vertebrados a pesar, de poder huir con mayor facilidad de las llamas, también se han visto afectados por los cercados de las explotaciones privadas y la gran velocidad a la que se desplazaba el incendio (Román, 2021). Según relata efectivos de extinción en La Opinión de Málaga (2021), se han visto calcinado especies de mamíferos como la cabra montesa, el gato montés (**Véase imagen 12, Anexo fotográfico**), ciervos, jabalíes, etc. Además, como se dijo anteriormente, Sierra Bermeja es un lugar dónde aún existe ganado de monte, en su mayoría, cabras y ovejas. El ganado perteneciente a estas explotaciones ganaderas extensivas, también se vieron afectadas por la imposibilidad de rescate de estos animales, debido a la gran veracidad del incendio forestal (La Opinión de Málaga, 2021).

En definitiva, el entorno faunístico y floral de Sierra Bermeja nunca más volverá a ser como antes e incluso muchas estas especies endémicas podrían estar en peligro de extinción. Aunque muchas otras, habrán sido capaces de huir y resistir las llamas, con lo cual, en cierto periodo de tiempo serán capaces de recuperarse y tener la capacidad suficiente para poder recolonizar (Román, 2021).

5.3.6. Usos e infraestructuras humanas.

Como se mencionó anteriormente, el incendio afectó a un total de 8.401 ha. De estas, el 91,25% pertenecen a vegetaciones forestales, lo que demuestra que los usos del suelo con mayor afección es el patrimonio natural, además, a esa cifra hay que añadir el 7,51% de las hectáreas calcinadas perteneciente a pastizales, con lo cual, cerca del 98,8% de las áreas incendiadas son vegetación natural y forestal.

Los usos e infraestructuras humanas han corrido mucha más suerte que el patrimonio natural existente en Sierra Bermeja. Según los datos facilitados por la Junta de Andalucía (**Véase Tabla 4, Anexo de tablas**), 17 hectáreas de usos del suelo agrícola han sido afectadas por el incendio, de las cuales, 54 explotaciones privadas han sido afectada de manera muy grave, en su mayoría, cultivos de castaños situados en las zonas más al norte entre Sierra

Bermeja y el Valle del Genal. Asimismo, según los datos ofrecidos por el periodo “El Mundo” (2021), el total de castaños afectados se sitúan en torno a unas 150 hectáreas. Además, el 0,92% de las hectáreas afectadas son de uso urbano o asimilable (Junta de Andalucía, 2021), estas se encuentran situado en los términos municipales de Estepona y Benahavís, en las áreas periurbanas (Abejeras, Forest Hill y Monte Mayor) que fueron perjudicadas por el incendio.

Si nos centramos en la titularidad de los suelos, observamos que el 78% son públicas (El Mundo, 2021), es decir, pertenecen a los montes propios de los municipios. En estas áreas, es dónde se localizan, mayoritariamente, la vegetación natural y forestal afectadas. En cambio, el 22% de la titularidad privada son propiedades con explotaciones de cultivos, aunque es destacable la existencia de bosques de alcornocales.

Las pérdida más importante producida por el incendio fue la muerte de un bombero forestal de 44 años. Otros hechos importantes fueron las evacuaciones de 2.670 personas pertenecientes a los municipios del Valle del Genal y las áreas periurbanas de Estepona y Benahavís, las carreteras MA-8301 y la MA-8302 necesitaron obras de emergencias (Diputación de Málaga, 2021) y las pérdidas incalculables en 54 explotaciones afectando a ganados, cultivos, casas de campo, maquinarias agrícolas, etc. (*Véase Imagen 13, Anexo Fotográfico*). A parte, el INFOCA durante los intentos de estabilización del incendio perdieron numerosas maquinarias encargadas de realizar cortafuegos e incluso se produjo el accidente de uno de sus helicópteros (El Español, 2021). Además, en el término municipal de Estepona se localiza el Castillo del Nicio, el cual, es Bien de Interés Cultural (BIC). Este patrimonio histórico, también fue afectado por el incendio forestal. Ya que, según informa el periódico de “Málaga Hoy” (2021), la colina en la que se encuentra el castillo fue devorado por la llamas, produciéndose daños sobre las murallas del castillo.

Los municipios del Valle del Genal son los más afectados por el GIF, ya que la población de Genalguacil y Jubrique (2 de los municipios serranos más afectados) basan la mayor parte de su economía en sus montes propios y el entornos natural que les rodea. Con lo cual, el incendio ha supuesto un gran golpe para estos, debido a la pérdida de calidad visual ocasionada y que puede afectar a la atracción del turismo rural que tienen desde los últimos años. Esto sumado a la destrucción de vegetación natural y cultivos, ha provocado la pérdida de una multitud de recursos con las que se llevaba a cabo sus principales actividades económicas basadas en el medio ambiente (extracción maderera, recogida de la castaña, ganadería extensiva, etc.). Para intentar paliar estos problemas socio-económicos, el Consejo de ministros aprobó la declaración de Sierra Bermeja como zona catastrófica (Diario Sur, 2021).

6. Conclusiones.

De acuerdo con los objetivos planteados al comienzo de este estudio, se puede establecer las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se han conseguido cumplimentar los primeros objetivos marcados para este trabajo. En el caso de la evolución de los incendios forestales de Sierra Bermeja, se ha establecido una evolución en dos periodos. El primero desde 1.950 a 1.975, en el cual, se ha observado que se produjo un total de siete incendios forestales y únicamente se destaca la devastación del GIF de 1.966, ya que estableció un récord de hectáreas en el marco andaluz (superando las 5.000 ha). El segundo periodo se estableció desde el 1.975 a la actualidad, en este se destaca una información mucho más clara y detallada de los incendios forestales. Con lo cual, se ha conseguido mostrar esos veinticinco IIFF que han acaparado ese periodo, destacándose aquellos que han producidos más daños y afección sobre el entorno serpentinico. Con la realización de esta evolución de los incendios se ha llegado a la conclusión de que, se han calcinado un total 36.678,43 hectáreas dentro de los límites de Sierra Bermeja.

A partir de esta evolución, se han podido concluir los principales incendios que se han producido en el área de estudio, destacándose en el primer periodo el incendio del 1966, ya que, como se ha dicho anteriormente, fue el GIF que causó más daño y recorrió más hectáreas durante estos años. En cambio, en el segundo periodo se han establecido tres incendios forestales histórico: en primer lugar, el GIF del año 1.975, este afectó a más de 10.000 hectáreas y se produjo fuera del periodo estival, además, afectó a los municipios de Benahavís, Estepona y San Pedro; en segundo lugar, el GIF del año 1.971, también recorrió unas 10.000 hectáreas aproximadamente, pero afectando a Sierra Bermeja, Bornoque y Sierra de las Nieves; y, por último, el GIF del año 2021, el cual, centra el tema del TFG por ser considerado un incendio de sexta de generación y ver causado tal devastación en los municipios serranos del Valle del Genal.

Con respecto al tercer objetivo, se ha alcanzado la conclusión de que el abandono de las actividades relacionadas con el medio ambiente y el aumento urbanístico que se está produciendo en la Costa del Sol, como consecuencia, del incremento del turismo. Está provocando un crecimiento medio de los incendios en este macizo, por tanto, se cumple la hipótesis de que se está produciendo un cambio en la dinámica de los ecosistemas mediterráneos. Además, se ha conseguido establecer una actualización de los promedios de los incendios forestales (IIFF) y grandes incendios forestales (GIF), obteniéndose la conclusión de que se produce un IIFF cada 2,05 años y un GIF cada 4,7 años. Comparándose con otros autores como Martos y Zotano (2017), y Moreno et al., 1998, también se ha observado este aumento, ya que se ha pasado de un promedio de 14,5 años para el periodo de 1.817-1.997 a un promedio de 4,7 años para un GIF en el periodo de 1.950-2017.

En base a toda la información obtenida en los objetivos anteriores, se ha mostrado aquellas áreas que más veces han sido recorridas por los incendios en Sierra Bermeja. Obteniéndose la conclusión de que, una pequeña área de 240 hectáreas situada entre Los Reales y los Baños del Luque, ha sido recorrido hasta en tres ocasiones por los incendios forestales. También, se ha concluido que los incendios de mayor magnitud se han producido

sobre la cara oriental de Sierra Bermeja, aunque, la mayor parte de los incendios, se han producido en la cara oeste. Asimismo, se ha destacado que los términos municipales con mayor afección son Genalguacil, Casares y Benahavís, pero desde que se está produciendo el cambio de dinámica, Estepona está empezando a acaparar una buena parte estos.

Todo esto ha llevado a la consecución del objetivo general, ya que a partir de los objetivos específicos 5, 6 y 7 se ha conseguido alcanzar el objetivo prioritario de este trabajo. En el caso del NDI, se ha conseguido ejecutar una comparación entre una imagen satelital de antes del incendio y otra unos días después, obteniéndose las siguientes conclusiones: los Reales de Sierra Bermeja han sufrido una importante afección en una porción de su territorio, pero el pinsapar ha sido afectado una mínima parte; la mayor parte del área incendiada tiene unos valores inferiores a 0,2, lo que demuestra que el incendio ha producido una gran afección sobre la vegetación; y los valores superiores a 0,75, se encuentran en un sector muy cercano al incendio donde hay cultivos de castaños.

Del mismo modo, con el NBR se ha conseguido establecer aquellas áreas con una mayor afección y como de severo ha sido sobre el territorio. La principal conclusión destacable es que el 27,28% de Sierra Bermeja ha sido afectada por el incendio, como mínimo por una gravedad baja. Únicamente, el 12,85% del incendio no ha afectado a los límites del macizo sino al ZEC del Valle del Genal y áreas periurbanas de Estepona. En definitiva, este índice refleja la gran veracidad del incendio, ya que la mayor parte del territorio afectado muestra una afección moderada o alta

Por último, se ha llevado a cabo un análisis eco-geomorfológico del área incendiada. Por lo tanto, se han obtenido las siguientes conclusiones del área afectada:

- Ha sido uno de los primeros incendios de sexta generación de España, lo que refleja la imposibilidad de control.
- Los términos municipales con mayor afección son Estepona (4.117,77 hectáreas) y Casares (1.305,29 ha).
- El área incendiada tiene una orografía accidentada, siendo el 70% de las pendientes superiores al 50% de desnivel, exponiéndose como una de las principales causas para la dificultad de control y extinción de este incendio.
- La litología principal es peridotítica, destacándose una geomorfología basada en procesos de erosión hídrica, fluvial y de vertientes.
- Las especies vegetales más afectadas son los *Pinus pinaster* y *Pinsapos* en el sector de Sierra Bermeja. Y los alcornoques y castaños en el Valle del Genal.
- Algunos endemismo (flora y fauna) Bermejense han podido ser afectados de manera muy grave, con lo cual, pueden estar en peligro de extinción.
- Utilización de faginas realizadas con restos de pino negral para evitar la pérdida de suelos, en la medida de lo posible.

- El patrimonio natural ha corrido mucha menos suerte que el humano. Aun así, los municipios del Valle del Genal se han visto gravemente afectados por la destrucción de los recursos naturales en los que basaba su economía.

Para finalizar este apartado, me gustaría resaltar la dificultad a la hora de buscar información sobre este gran incendio. Ya que, el grueso de la información no ha sido aún publicada por la Junta de Andalucía. Esta dificultad viene provocada por los claros indicios de intencionalidad que han resaltado los investigadores de este incendio, con lo cual, se ha declarado una investigación secreta sobre este. Por lo tanto, hasta que no se alcance un veredicto gran parte de la información no va a ser pública. Con lo cual, una vez que libere esta información se podría indagar muchísimo más sobre las características físicas y humanas afectadas, pudiéndose conseguir un estudio aún más pormenorizado. Además, sería conveniente establecerse un seguimiento de esta dinámica e intentar realizar una concienciación a la ciudadanía con el fin de poder reducir esta dinámica cada vez más palpable.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Aguilar, J., Calvo, R., Fernandez, E., y Macías, F. (1997). Geoquímica de la alteración y edafogénesis de rocas serpentizadas de la Sierra Bermeja (Málaga). *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*, 5, pp. 135-151. <https://www.secs.com.es/data/Revista%20edafo/Volumen%205.%20Diciembre%201998.%20pag%20135-151.pdf>
- Aguilera, E., Ortolani, L., y Guzmán, G. (2013). EL POTENCIAL DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA PARA LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA REGIÓN MEDITERRÁNEA. *Transmisión del conocimiento*, 11, 49-51. http://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2013/03/Revista_Ae11_transm_conoci_aguilera_def.pdf
- Alba, F., López, J. A., Pando, B. B. D., Linares, J. C., Nieto, D., y López, L., (2010). Past and present potential distribution of the Iberian Abies species: a phytogeographic approach using fossil pollen data and species distribution models. *Diversity and Distributions*, 16(2), pp. 214-228. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1472-4642.2010.00636.x>
- Amblar, P., Casado, M. J., Pastor, A., Ramos, P., y Rodríguez, E. (2017). GUÍA DE ESCENARIOS REGIONALIZADOS DE CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE ESPAÑA. *AEMET*. <https://doi.org/10.31978/014-17-010-8>
- Anchaluisa, S., y Suárez, E., (2013). Efectos del fuego sobre la estructura, microclima y funciones ecosistémicas de plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus globulus*; Myrtaceae) en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*, 5(2). <https://revistas-olnx.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/134>
- Andreo, B., y Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, (2015). Papel estratégico de las aguas subterráneas en el abastecimiento urbano de la provincia de Málaga. *Boletín de la Academia Malagueña de Ciencias*, 17, p. 58. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjukven7l4AhXsi0HHWdQD5kQFnoECACQAQ&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F6424346.pdf&usg=AOvVaw1Yaya-429ySDwahu48FiiT>
- Asensi, A., y Martínez, R., (1976). Contribución al conocimiento fitosociológico de los pinsapares de la Serranía de Ronda. *Real jardín botánico (CSIC)*, 33 (1), pp. 239-247. [http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1976/Anal_es_33\(1\)_239_247.pdf](http://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/anales/1976/Anal_es_33(1)_239_247.pdf)

- Aznar, J. M., (2013). El régimen de incendios actual y la influencia humana. *Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos. FUEGORED*. <https://docplayer.es/82408929-El-regimen-de-incendios-actual-y-la-influencia.html>
- Badía, D., y Úbeda, X. (2013). Consecuencias hidrológicas y erosivas de un incendio forestal. *Ficha técnica*.
- Bodí, M. B., Cerdà, A., Mataix-Solera, J., y Doerr, S. H., (2012). Efectos de los incendios forestales en la vegetación y el suelo en la cuenca mediterránea: revisión bibliográfica. *Boletín de la asociación de Geógrafos Españoles*. https://www.researchgate.net/publication/229163582_Efectos_de_los_incendios_forestales_en_la_vegetacion_y_el_suelo_en_la_cuenca_mediterranea_revision_bibliografica
- Boix, C., Martínez, M., Pérez, P., De Vente, J., Barberá, G.G., Mosch, W., Navarro, J.A., Gaspar, I. y Navas, A., (2017) Carbon redistribution by erosion processes in an intensively disturbed catchment. *Catena*, 149 (3), pp. 799-809. https://digital.csic.es/bitstream/10261/143035/4/Boix-FayosC_Catena_2016.pdf
- Butenko, K. O., Gongalsky, K. B., Korobushkin, D. I., Ekschmitt, K., y Zaitsev, A. S., (2017). Forest fires alter the trophic structure of soil nematode communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 109, pp. 107-117. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071717301761?casa_token=n=onx-hBZLWdMAAAAA:ZW1iPY3L610UzVEda_1yNpnWsne5mL00OBQwDCxP3ZPILaYIYTF_AKmnIHr9Be4Pe1zFTRdBokuQ
- Cabezudo, B., Caldera, J. M. N., y Latorre, A. V. P., (1989). Contribución al conocimiento de la vegetación edafófilo-serpentinícola del sector Rondeño (Málaga; España). *Acta Botánica Malacitana*, 14, pp. 291-294. <https://revistas.uma.es/index.php/abm/article/view/9397>
- Caon, L., Vallejo, V. R., Ritsema, C. J., y Geissen, V., (2014). Effects of wildfire on soil nutrients in Mediterranean ecosystems. *Earth-Science Reviews*, 139, pp. 47-58. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/457088>
- Cárdenas, P. S., (2013). La problemática de los incendios forestales y bases para su teledetección en el Perú. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 3(2). <https://doi.org/10.18259/acs.2013017>

- Casimiro-Soriguer, F., y Perez, A. V., (2008). Aproximación al conocimiento de la flora alóctona de la provincia de Málaga (España): catálogo de metáfitos. *Acta Botánica Malacitana*, 33, pp. 373-382. DOI:[10.24310/abm.v33i0.7009](https://doi.org/10.24310/abm.v33i0.7009)
- Castillo Requena, J. M., (1989). El clima de Andalucía. *Instituto Estudios Almerienses*, p 266.
- Castillo, M., Pedernera, P., y Peña, E., (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. *Revista ambiente y desarrollo de CIPMA*, 19(3), pp. 44-53. https://calentamientoglobalacelerado.net/Castillo_incendios_forestales.pdf
- Cramer, W., Guiot, J., Marini, K., Azzopardi, B., Balzan, M. V., Cherif, S., Doblas, E., Dos Santos, M., Drobinski, D., Fader, M., El Rahman, A., Giupponi, C., Koubi, V., Lange, M., Lionello, P., Llasat, M.C., Moncada, S., Mrabet, R., Paz, S., ... Xoplaki, E. (2020). Resumen de MedECC para los responsables de la formulación política. *Cambio climático y ambiental en la cuenca mediterránea: situación actual y riesgo para el futuro.*, 34, pp 1-36. DOI: [10.5281/zenodo.5507456](https://doi.org/10.5281/zenodo.5507456)
- De Galdeano, C. S., y Cruz, M. R. (2016). Late Palaeozoic to Triassic formations unconformably deposited over the Ronda peridotites (Betic Cordilleras): Evidence for their Variscan time of crustal emplacement. *Estudios Geológicos*, 72 (1). <http://dx.doi.org/10.3989/egeol.42046.368>
- Decreto 110/2015, de 17 de marzo, por el que se declaran las Zonas Especiales de Conservación Sierras de Gádor y Énix (ES6110008), Sierra del Alto de Almagro (ES6110011), Sierras Almagrera, de los Pinos y el Aguilón (ES6110012), Sierra Lívar (ES6120013), Suroeste de la Sierra de Cardeña y Montoro (ES6130005), Guadalmellato (ES6130006), Guadiato-Bembézar (ES6130007), Sierra de Loja (ES6140008), Sierras Bermeja y Real (ES6170010), Sierra Blanca (ES6170011), Sierra de Camarolos (ES6170012), Valle del Río del Genal (ES6170016) y Sierra Blanquilla (ES6170032). *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA)*, 87, 8 de mayo de 2015. <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2015/87/3>
- Dickey, J. S., (1970). Partial fusion products in Alpine peridotites: Serrania De La Ronda and other examples. *Mineralogical Society of America Special Paper*, 3, pp. 33-49. http://www.minsocam.org/MSA/OpenAccess_Publications/MSA_SP_3/MSA_SP3_033-050.pdf
- García, F., Arcenegui, V., Chrenková, K., Mataix, J., Moltó, J., Jara, A. B., y Torres, M. P., (2017). Effects of salvage logging on soil properties and vegetation recovery in a fire-affected Mediterranean forest: A two year monitoring research. *Science of The Total Environment*, 586, pp. 1057-1065.

<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5256/1/9-Garc%C3%ADa-Orenes%20et%20al.%20STOTEN%202017.pdf>

Giorgi, F., y Lionello, P. (2008). Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, 63 (2–3), 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2007.09.005>.

Gómez M. L., (1987). *Los Montes de Propios y el desarrollo endógeno: Valoración ambiental y económica de los Montes Propios de la provincia de Málaga*. Baética: Estudios de arte, geografía e historia, pp.89-138.

Gómez, M. L., (1989). *La montaña malagueña. Estudio ambiental y evolución de su paisaje*. Servicio Publicaciones Diputación Provincial de Málaga.

González, G. L., (1975). Contribución al estudio florístico y fitosociológico de Sierra de Aguas. *Acta botánica malacitana*, 1, pp. 81-205.

Hueso, P., (2017). *El sistema eco-geomorfológico Mediterráneo. Conceptos, Métodos y Técnicas*. Académica española.

IPCC (2013): «Climate Change 2013: The Physical Science Basis». Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1.535 pp. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

IPCC (2021), Summary for Policymakers, Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2014). Fifth Assessment Report. IPCC. Retrieved from <http://ipcc.ch/report/ar5/>

Junta de Andalucía, (2015). *VALORES AMBIENTALES DE LA ZONA ESPECIAL DE CONSERVACIÓN. Sierras Bermeja y Real (ES6170010)*. Consejería de medio ambiente

y ordenación del territorio.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/web/temas_ambientales/espacios_protegidos/renpa/canales_figuras_proteccion/Red_Natura/2016_06_valores_ambientales_resumenes/6170010_bermeja_real.pdf

- Latorre, A. V. P., Navas, P., Navas, D., Gil, Y., y Cabezudo, B. (1998). Datos sobre la flora y vegetación de la Serranía de Ronda (Málaga). *Acta Botánica Malacitana*, 23, pp. 149-191. <https://doi.org/10.24310/abm.v23i0.8557>
- Latorre, A. V. P., y Triana, N. H. (2016). LOS HÁBITATS DE SIERRA BERMEJA Exclusividad en vegetación y ecosistemas a nivel europeo y mediterráneo. *Takurunna: Anuario de Estudios sobre Ronda y La Serranía*, 6, pp. 89-106. https://static1.squarespace.com/static/54be61f8e4b096702d5145f5/t/5c8e8ba0104c7b066eb651be/1552845739131/T6_7-04-Pérez_Latorre_e_Hidalgo_Triana_pp._89-106-br.pdf
- Lavee, H., Imeson, A. C., y Sarah, P., (1998). The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean-arid transect. *Land degradation & development*, 9(5), pp. 407-422. [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291099-145X%28199809/10%299%3A5%3C407%3A%3AAID-LDR302%3E3.0.CO%3B2-6](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291099-145X%28199809%2F10%299%3A5%3C407%3A%3AAID-LDR302%3E3.0.CO%3B2-6)
- Ley 2/1998, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía (BOJA)*, 201, 23 de agosto de 1989, pp. 27071-27129. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1989-20636>
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., y Boscolo, R., (2006). *Mediterranean climate variability*. Elsevier.
- Lloret, F., y Zedler, P. H. (2009). The effect of forest fire on vegetation. *Fire effects on soils and restoration strategies*, pp. 257-295. <http://dx.doi.org/10.1201/9781439843338-c9>
- Martín, J. M., (2011). El viaje de Simón de Rojas Clemente Rubio por Sierra Bermeja (Málaga) en 1809. *Cilniana: Revista de la Asociación Cilniana para la Defensa y Difusión del Patrimonio Cultural*, 24, pp. 87-104. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7442415>
- Martínez J. F., (2015). Los incendios forestales y la configuración del paisaje de la montaña mediterránea. Un caso de estudio. *Análisis espacial y representación geográfica*:

innovación y aplicación, pp. 1083-1091.
https://congresoage.unizar.es/eBook/trabajos/114_Martinez%20Murillo.pdf

Martínez, J.F., Remond, R., Hueso, P., Ruiz, J. D., (2016). Resiliencia de la cubierta vegetal en un área de montaña mediterránea afectada por el fuego: el caso del incendio de Río Verde (provincia de Málaga, sur de España). *Pirineos*, 171.
<http://dx.doi.org/10.3989/pirineos.2016.171008>

Martos, J. y Zotano, J. (2021). *Sierra Bermeja y los grandes incendios forestales: una reconstrucción geohistórica*. En *los bosques de la Serranía de Ronda: una perspectiva espacio-temporal*, pp. 391-437. La Serranía.
https://www.academia.edu/44929623/Sierra_Bermeja_y_los_grandes_incendios_forestales_una_reconstruccion_geohistorica_1950_2018

Mataix, J., Cerdà, A., Arcenegui, V., Jordán, A., y Zavala, L. M. (2011). Fire effects on soil aggregation: a review. *Earth-Science Reviews*, 109(1), pp. 44-60.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0012825211001322>

Mataix, J. y Cerdà, A., (2009): Los efectos de los incendios forestales en los suelos. Síntesis y conclusiones. Nuevos retos en la investigación y en la gestión. *Càtedra de Divulgació de la Ciència. Universitat de Valencia*, pp. 493-529.

Ministerio de Medio Ambiente, s.f. *SUELOS DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA. TIPOS PRINCIPALES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS MISMOS*. Junta de Andalucía.
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Estado_Y_Calidad_De_Los_Recursos_Naturales/Suelo/Criterios_pdf/Malaga.pdf

Moody, J. A., y Martin, D. A., (2009). Forest fire effects on geomorphic processes. *Fire effects on soils and restoration strategies*, pp. 57-96.
<https://www.fs.fed.us/psw/publications/4403/nonfs/mcdonald.2009.FireEffectsonSoilsandRestorationStrategies.EffectsForestFires.pdf>

Moreno, J. M., Vázquez, A., y Vélez, R., (1998). Recent history of forest fires in Spain. *Large Forest Fires*, pp. 159-185.

Mota, J. F., Medina, J. M., Navarro, F.B., Pérez F. J., Pérez, A. V., , Sánchez, P., Torres, J. A., Benavente, A., Blanca, G., Gil, C., Lorite J., Merlo, M.E., (2008) . Dolomite flora of the Baetic Ranges glades (South Spain). *Flora*, 203, pp. 359-375.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0367253008000352?casa_token

[n=N_oYmYBACoUAAAAA:n1znFEWVOd0pGrJxLXdj2CxhyY0KsYU1wMqatr35qMrQi3SbrKRG5zSBPISrFBMOzXzQaDOAGo](#)

Nasi, R., Dennis, R., Meijaard, E., Applegate, G., y Moore, P., (2002). *Los incendios forestales y la diversidad biológica*. Unasylva (FAO). <https://www.fao.org/3/y3582s/y3582s08.htm>

Nieto, J.M., Pérez A.V., y Cabezudo B. (1991). Biogeografía y series de vegetación de la Provincia de Málaga (España). *Acta Botánica Malacitana*. 16, pp. 417-436. <https://revistas.uma.es/index.php/abm/article/view/9199>

Nieto, L. R., Rodríguez, N., y De la Fuente, V., (2005). Análisis comparado de metales en suelos y plantas de la Sierra Bermeja. *In Control de la degradación de suelos*, pp. 197-201. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1400983>

Olcina, J., (2020). Clima, cambio climático y riesgos climáticos en el litoral mediterráneo español. Oportunidades para la geografía. *Documents d' Analisis Geografica*, 66 (1), pp. 159-182. <https://doi.org/10.5565/rev/dag.629>

Pausas, J. G., y Keeley, J. E., (2009). A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience*, 59(7), pp. 593-601. https://www.uv.es/jgpausas/papers/Pausas-Keeley-2009-BioScience_a-burning-story.pdf

Pérez, A. V., (2009). Informe y solicitud de declaración para los únicos macizos peridotíticos de España como: Parque Nacional de Sierra Bermeja (Málaga, Andalucía). *Junta de Andalucía*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-documento/-/asset_publisher/jXKpcWryrKar/content/informe-y-solicitud-para-los-c3-banicos-macizos-peridot-c3-adticos-de-espa-c3-b1a-como-parque-nacional-de-sierra-bermeja.-m-c3-a1laga-andaluc-c3-ada-1/20151

Pérez, A. V., Hidalgo, N., Casimiro, F., y Cabezudo, B., (2013). Flora y vegetación serpentínica ibérica: Sierras de Alpujata y de la Robla (Málaga, España). *Lagascalía*, 33, pp. 43-74. https://institucional.us.es/revistas/lagascalia/33/art_4.pdf

Pérez, P., (2018). Consecuencias del cambio climático en la disponibilidad de agua en el Sureste de la Península Ibérica. Evaluación del modelo hidrológico INVEST en escenarios futuros. *Papeles de Geografía*, 64, pp. 26-42. <https://doi.org/10.6018/geografia/2018/323771>

Rivas-Martínez, S., (1983). Pisos bioclimáticos de España. *Lazaroa*, 5, pp. 33-43. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahU>

[KEwiupZGS8Y_4AhXRiP0HHUPRCVEQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Frevistas.ucm.es%2Findex.php%2FLAZA%2Farticle%2Fdownload%2FLAZA8383110033A%2F1034%2F0&usq=AOvVaw2-W9AKPib9CfP27S8HRLDg](https://www.repositorio.uca.es/handle/document/1034?usq=AOvVaw2-W9AKPib9CfP27S8HRLDg)

- Rivas, S., (1969). Flora serpentinícola española, nota primera (Edafismos endémicos del Reino de Granada). *Anales Real Academia de Farmacia*, 35, pp. 97-304.
- Rivas, S., (1987). Memoria y mapa de las series de vegetación de España (1:400.000). *ICONA*.
- Rivas, S., (1988). Bioclimatología, biogeografía y series de vegetación de Andalucía Occidental. *Lagascalia*. 15, pp. 91-119.
- Rivas, S., Penas, Á., Díaz, T. E., Ladero, M., Asensi, A., Díez, B., Molero, J., Valle, F., Cano, E., Costa, M., López, M.L., Fernández, J. A., Llorens, L., Del Arco, M., Pérez de Paz, P. L., Wildpret, W., Sánchez, D., Fernández, F., Masalles, R., ... y Herrero, L. (2011). Mapa de series, geoserias y geopermaseries de vegetación de España (Memoria del mapa de vegetación potencial de España). Parte II. *CSIC*.
- Sala, M., y Rubio, J. L., (1994). *Soil erosion as consequence of forest fires*. Geoforma Ediciones.
- Sánchez, E., Miguez-Macho, G., Gallardo, C., Gutiérrez, J. M., López-Moreno, J. I., Montávez, J. P., y Rodríguez, E., (2010). Proyecciones regionales de clima sobre la Península Ibérica: modelización de escenarios de cambio climático. *Clima en España: pasado, presente y futuro*, pp. 69-80. <https://acortar.link/IDGdHN>
- Sinoga, J. D., Romero, A., Martínez, J. F., y Gabarrón, M. A., (2015). Incidencia de la dinámica pluviométrica en la degradación del suelo. Sur de España. *Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles*, (68), pp. 177-204. <https://doi.org/10.21138/bage.1858>
- Tessler, N., Sapir, Y., Wittenberg, L. y Greenbaum, N., (2016). Recovery of Mediterranean vegetation after recurrent forest fires: insight from the 2010 forest fire on Mount Carmel, Israel. *Land Degradation & Development*, 27(5), pp. 1424-1431.
- Vega, J. A. (1999). Historia del fuego de *Pinus pinaster* y *Abies pinsapo* en la cara norte de Sierra Bermeja (Málaga): 1817-1997. *Universidad Internacional de Andalucía*.
- Vidal, P., De Santis, A., Pérez, W., y Honeyman, P., (2017). Uso de herramientas de teledetección para el análisis de la severidad y estimación de gases de efecto invernadero (GEI) en incendios forestales de gran magnitud. Estudio de caso incendio La Rufina, VI Región del LGB O'Higgins, Chile. *Revista de Teledetección*, (50), pp. 59-69.

- Wittenberg, L., y Inbar, M., (2009). The role of fire disturbance on runoff and erosion processes-A long-term approach, Mt. Carmel Case study, Israel. *Geographical Research* 47 (1), pp. 46-56.
- Wrangham, R.W., Jones, J. H., Laden, G., Pilbeam, D. y Conklin-Brittain, N., (1999). The raw and the stolen. Cooking and the ecology of human origins. *Current Anthropology* 40 (5), p. 567-594.
- Yusta, A., Barahona, E., Huertas, F., Reyes, E., Yanez, J., y Linares, J., (1985). *Geochemistry of soils from peridotites in Los Reales, Malaga, Spain. Miner. Petrogr. Acta (Bologna)*. 29, pp. 489-98.
- Zavala, L. M., Jordán, A., Gil, J., Bellinfante, N., y Pain, C., (2009). Intact ash and charred litter reduces susceptibility to rain splash erosion post-wildfire. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- Zotano, J. G., Requena, F. R., Triana, N. H., y Latorre, A. V. P., (2014). Biodiversidad y valores de conservación de los ecosistemas serpentínicos en España: Sierra Bermeja (provincia de Málaga). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Zotano, J. G., y Martínez, P. G. (2009). La transformación de los espacios forestales en espacios protegidos: los montes y el futuro Parque Nacional de Sierra Bermeja. *Re población forestal en Andalucía: intervenciones históricas y situación actual*, pp. 247-290.
- Zotano, J., (2004). Controversia árboles latifolios-versus coníferas en Sierra Bermeja, una montaña ultramáfica del sur de España. *Ultramafic Rocks: Their Soils, Vegetation, and Fauna*, pp. 151-156.
- Zotano, J., (2004). *El papel de los espacios montañosos como traspaís del litoral mediterráneo andaluz: el caso de Sierra Bermeja (provincia de Málaga) [Tesis Doctoral, Universidad de Granada]*. Repositorio DIGIBUG.
- Zotano, J., (2006). Naturaleza y paisaje en la Costa del Sol Occidental. Málaga. *Centro de Ediciones de la Diputación de Málaga (CEDMA)*.
- Zotano, J., (2006). Naturaleza y Paisaje en la Costa del Sol Occidental. Málaga. *Servicio de Publicaciones de la Diputación de Málaga*.
- Zotano, J., Alcántara, J., Olmedo, J. A., y Martínez, E., (2015). La sistematización del clima mediterráneo: identificación, clasificación y caracterización climática de Andalucía (España). *Revista de Geografía Norte Grande*, 61, pp. 161-180.

8. WEBGRAFÍA.

Archivos Históricos del Ayuntamiento de Estepona (AHME), (1956).
<https://ayuntamiento.estepona.es/>

Castellnou, M., (2018). Los incendios de sexta generación son más difíciles de controlar y afectan a medio planeta". *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/ciencia/planeta-tierra/20180817/451324516370/incendios-sexta-generacion-marc-castellnou-cambio-climatico-regenarar-ecosistemas.html>

Castellnou, M., (2018). Los incendios de sexta generación son más difíciles de controlar y afectan a medio planeta. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/ciencia/planeta-tierra/20180817/451324516370/incendios-sexta-generacion-marc-castellnou-cambio-climatico-regenarar-ecosistemas.html>

Castillo. J. A., (2014). *Memoria científico-técnica sobre el macizo ultramáfico de Sierra Bermeja (Málaga) como justificación para su declaración como Parque Nacional*. El espacio geográfico de Sierra Bermeja. *Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional*.
<https://www.sierrabermeja.es/memoria/>

Castillo. J. A., (2014). *Memoria científico-técnica sobre el macizo ultramáfico de Sierra Bermeja (Málaga) como justificación para su declaración como Parque Nacional*. El espacio geográfico de Sierra Bermeja. *Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional*.

Cobo, J. A. O., y Zotano, J. G., (2016). Los climas de la Serranía de Ronda: una propuesta de clasificación. *Takurunna: Anuario de Estudios sobre Ronda y La Serranía*, (6), pp. 23-58. <https://www.sierrabermeja.es/2018/03/15/los-climas-de-la-serrania-de-ronda/>

Cristófol, J. F., (2021). Un helicóptero del Infoca sufre un accidente en el incendio de Málaga: los 19 ocupantes "están bien". *El Español*.
https://www.elespanol.com/malaga/20210913/helicoptero-infoca-sufre-accidente-incendio-malaga-ocupantes/611689650_0.html

DATOS ESPACIALES DE REFERENCIA EN ANDALUCÍA (DERA) (2019).
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/DERA/>

Diputación de Málaga, (s.f). *Minas del robledal*. Patrimonio.
https://www.malaga.es/es/turismo/patrimonio/lis_cd-11373/minas-del-robledal

- Diputación Provincial de Málaga, (2021). La Diputación pone en marcha el arreglo de las carreteras provinciales afectadas por el incendio de Sierra Bermeja. Carreteras y Urbanismo. https://www.malaga.es/carreterasurbanismo/1293/com1_md3_cd-44237/la-diputacion-pone-en-marcha-el-arreglo-de-las-carreteras-provinciales-afectadas-por-el-incendio-de-sierra-bermeja
- Garrido, C. J., Gervilla, F., Zotano, J., Hidalgo, N., Martos, J., Navarro, I., Pérez, A. V., y Román, F., (2016). Memoria científico-técnica sobre el macizo ultramáfico de Sierra Bermeja (Málaga) como justificación para su declaración como Parque Nacional. *Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional*. <https://www.sierrabermeja.es/memoria/>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. INE. Censos de Población y Viviendas 2011. Resultados definitivos. <http://www.ine.es/censos2011/tablas/Inicio.do>
- Junta de Andalucía (2021). *La Junta impulsará un programa de recuperación ambiental y desarrollo para Sierra Bermeja*. Tierra y Mar. <https://acortar.link/oBqqCR>
- Junta de Andalucía, (s.f). Base de datos sobre incendios forestales. *Plan Infoca*. https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Patrimonio_Natural_Uso_Y_Gestion/Montes/Incendios_Forestales/plan_infoca/Cap04_base_datos_incendios_forestales.pdf
- La Vanguardia, (2021). Estas son las catorce especies amenazadas por el incendio de Sierra Bermeja. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/natural/plantas/20220529/8301995/propiedades-riesgos-aloe-vera-asi-tenes-utilizar-sea-eficaz-seguro-pmv.html>
- Latorre. A.V., (2021). *Evaluación técnico-científica del gran incendio forestal de Sierra Bermeja*. Regeneración natural de la flora y vegetación en las peridotitas de Sierra Bermeja (Málaga, España) tras el gran incendio de septiembre de 2021. *Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional*.
- Montañez, A., (2021). Sierra Bermeja pierde 20 toneladas por hectárea de suelo en las zonas más afectadas tras las fuertes lluvias. *La Opinión de Málaga*. <https://www.laopiniondemalaga.es/municipios/2022/04/03/sierra-bermeja-pierde-20-toneladas-64578680.html>
- Pedrosa, J., (2021). La plataforma Sierra Bermeja estima que se han podido perder "varios miles" de pinsapos. *Málaga Hoy*. https://www.malagahoy.es/malaga/plataforma-Sierra-Bermeja-estima-pinsapos_0_1617439049.html

- Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional (2021). *Evaluación técnico-científica del gran incendio forestal de Sierra Bermeja*. <https://www.sierrabermeja.es/2021/10/19/evaluacion-tecnico-cientifica-incendio-sierra-bermeja/>
- Román, F., (2021). *El incendio de Sierra Bermeja deja a 14 especies endémicas en peligro de extinción*. La Opinión de Málaga. <https://www.laopiniondemalaga.es/malaga/2021/09/18/incendio-sierra-bermeja-deja-14-57414422.html>
- Sánchez, E., y Varo, L., (2021). El fuego cerca a los pinsapos, el tesoro botánico de Sierra Bermeja. Clima y Medio Ambiente. *El País*. <https://elpais.com/clima-y-medio-ambiente/2021-09-14/el-fuego-cerca-a-los-pinsapos-el-tesoro-botanico-de-sierra-bermeja.html>
- Zamora, S., (2021). El Gobierno aprueba la declaración de zona catastrófica para Sierra Bermeja. *Diario Sur*. <https://www.diariosur.es/interior/gobierno-zona-catastrofica-sierra-bermeja-20210921224815-nt.html>
- Zotano, J., (2014). *Memoria científico-técnica sobre el macizo ultramáfico de Sierra Bermeja (Málaga) como justificación para su declaración como Parque Nacional*. Aportaciones al estudio de Sierra Bermeja para su declaración como Parque Nacional. *Plataforma Sierra Bermeja Parque Nacional*.

9. ANEXOS.

9.1 ANEXO DE TABLAS.

Tabla 1. Superficie de Sierra Bermeja.

Municipios	Benahavís	Casares	Estepona	Genalguacil	Igualeja	Istán	Jubrique	Júzcar	Pujerra	Tolox
Héctareas dentro de Sierra Bermeja	14.550	16.240	13.750	3.190	4.428	9.930	3.930	3.370	2.440	9.440
% dentro de Sierra Bermeja	66,42	21,84	32,13	36,43	57,93	55,42	28,78	44,71	54,13	0,3

Fte. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2015. (Elaboración propia).

Tabla 2. Usos del suelo de Sierra Bermeja.

Usos del suelo	Tipos de usos	Hectáreas de uso	Porcentaje (%)
Vegetación forestal y natural	Formaciones arboladas densas	6.146,31	19,92
	Formaciones de matorral denso con arbolado	5.115,15	16,6
	Formaciones de matorral disperso con arbolado	4.590,42	14,9
	Matorral sin arbolado	6.700,55	21,74
	Formaciones de pastizal con arbolado	7.420,97	24,06
	Formaciones de pastizal sin arbolado	118,78	0,39
	Espacios abiertos con poca o sin vegetación	36,08	0,12
	Talas y plantaciones forestales	9,94	0,04
	TOTAL	30.138,20	97,77
Terrenos agrarios	Cultivo agrícola homogéneo secano	13,74	0,04
	Cultivo agrícola homogéneo regadío	2,41	0,01
	Cultivo agrícola heterogéneo secano	9,3	0,03
	Cultivo agrícola heterogéneo regadío	9,1	0,03
	Cultivo agrícola heterogéneo con vegetación natural	92,44	0,3
	TOTAL	126,99	0,41
Zonas edificadas e infraestructuras	TOTAL	85,54	0,28
Zonas húmedas y superficies de agua continentales	TOTAL	473,45	1,54

Fte. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2015. (Elaboración propia).

Tabla 3. Afección del GIF de Sierra Bermeja del 2021.

Municipios afectados	Benahavís	Casares	Estepona	Faraján	Genalguacil	Jubrique	Júzcar
Hectáreas Calcinadas	0,48	1.305,29	4.117,77	285,26	1.043,33	1.177,44	471,45
%	0,006	15,537	49,015	3,396	12,419	14,015	5,612

Fte. Boletines de análisis y seguimiento de incendios forestales, Junta de Andalucía, 2021. (Elaboración Propia).

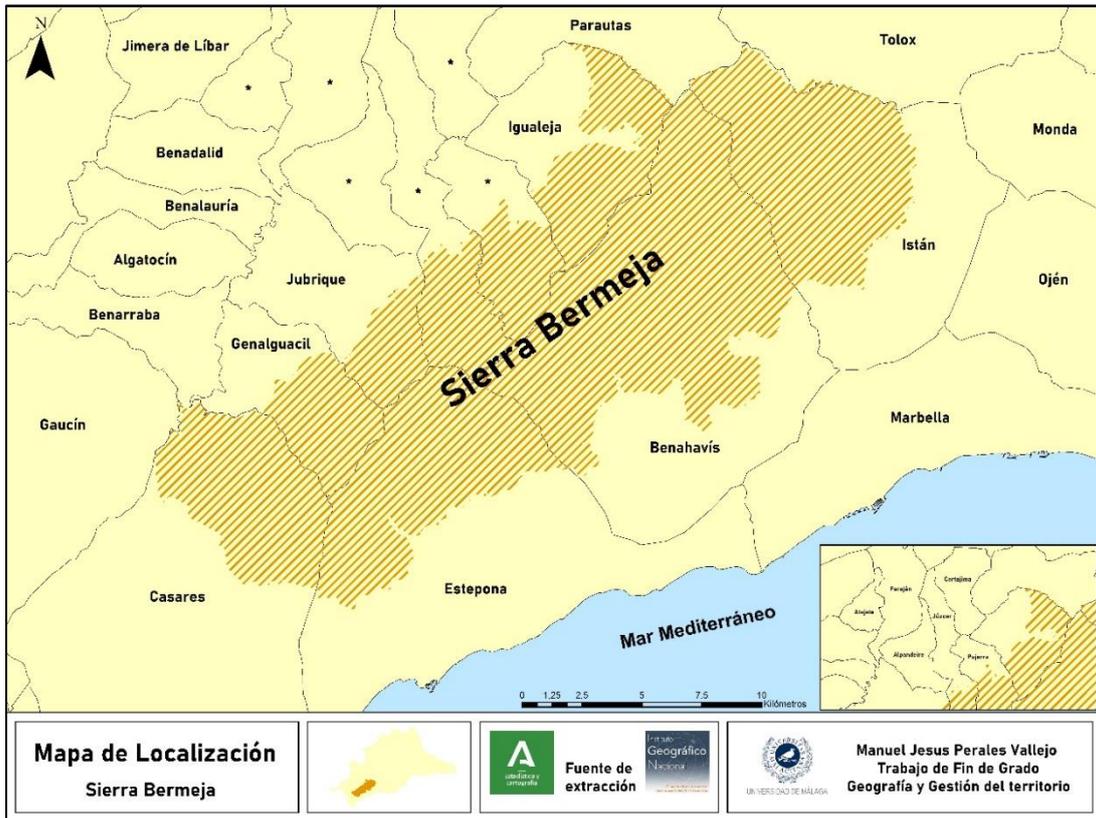
Tabla 4. Tipos de hectáreas quemadas en el incendio del 2021.

Usos del suelo	Patrimonio natural		Usos humanos		
	Vegetación forestal	Pastizales	Agrícolas	Urbano	Otros
Hectáreas	7664	736	17	78	9
%	90,12	8,65	0,20	0,92	0,11
	98,78		1,22		

Fte. Boletines de análisis y seguimiento de incendios forestales, Junta de Andalucía, 2021. (Elaboración Propia).

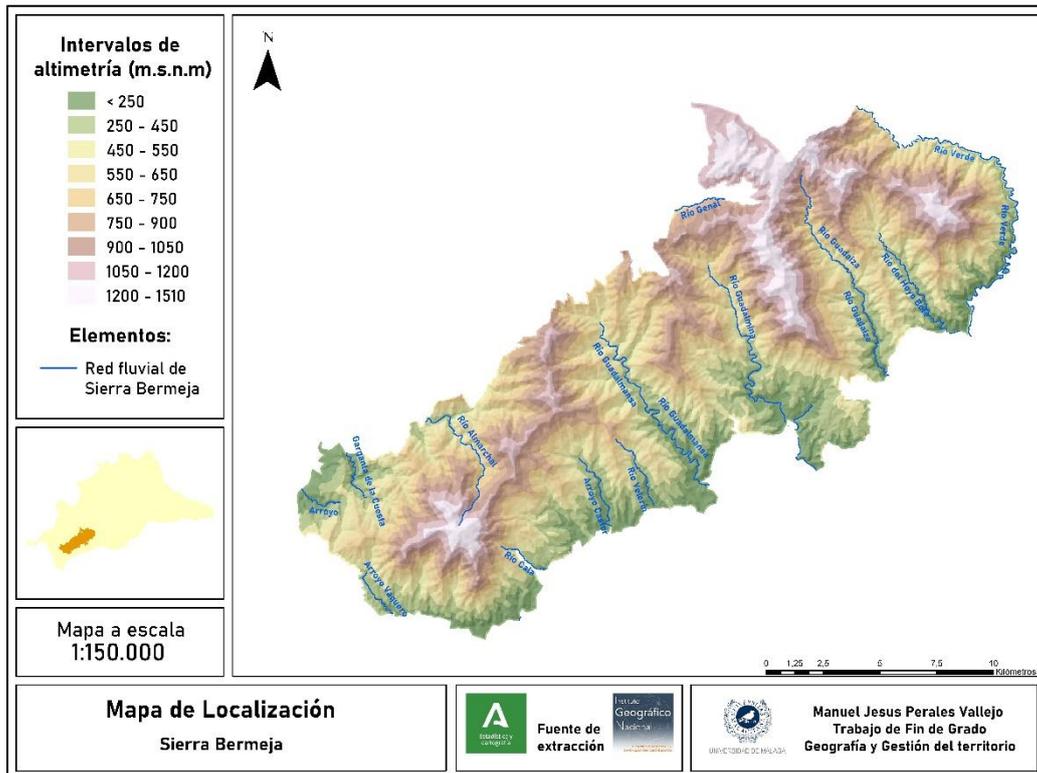
9.2 ANEXO CARTOGRÁFICO.

Mapa 1. Localización de los municipios dentro de Sierra Bermeja.



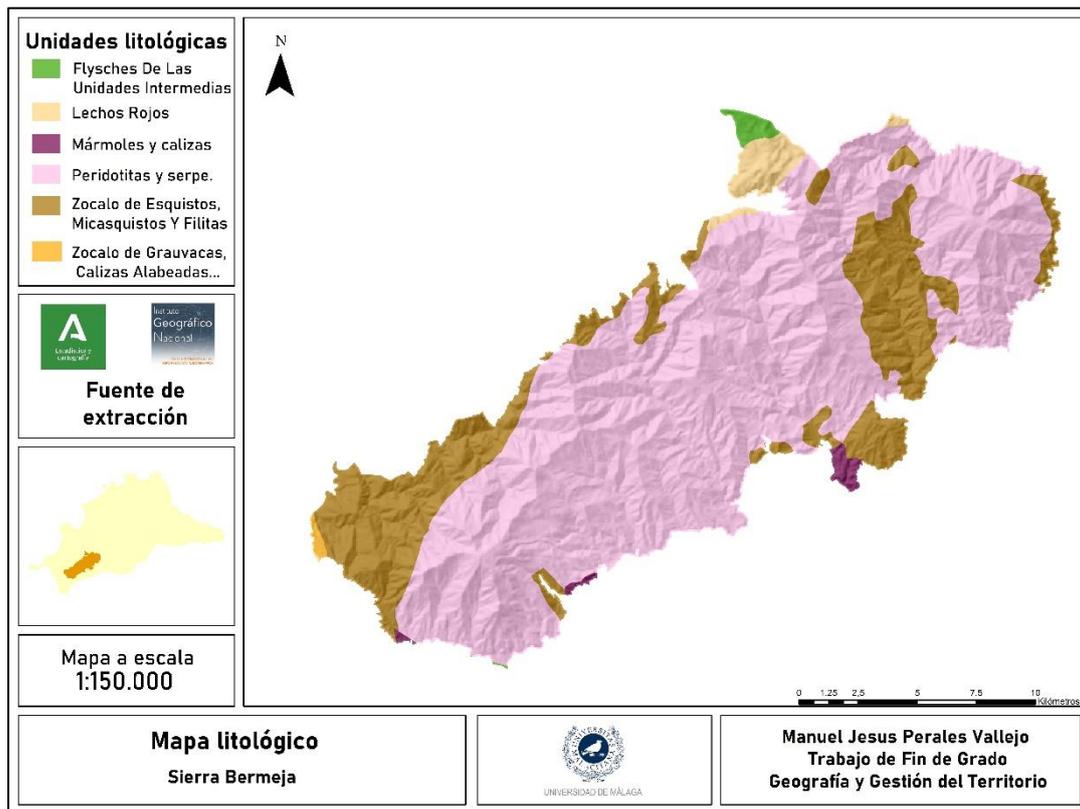
Fte. DERA (Elaboración propia).

Mapa 2. Mapa hidrológico y de altimetría de Sierra Bermeja.



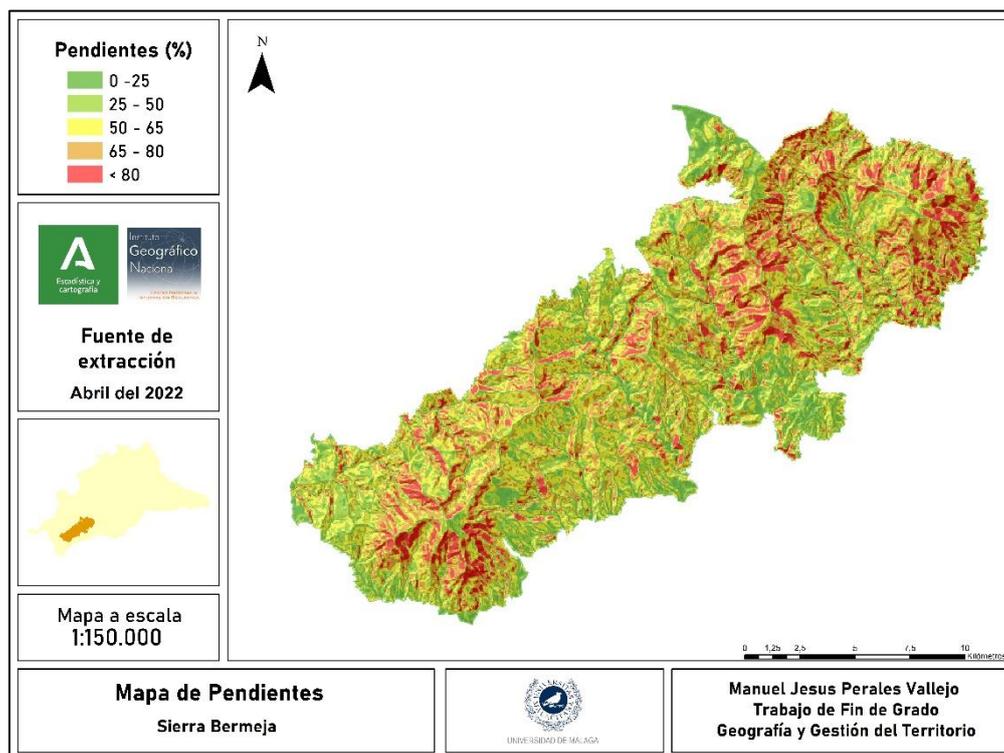
Fte. DERA (Elaboración Propia).

Figura 3. Litología de Sierra Bermeja.



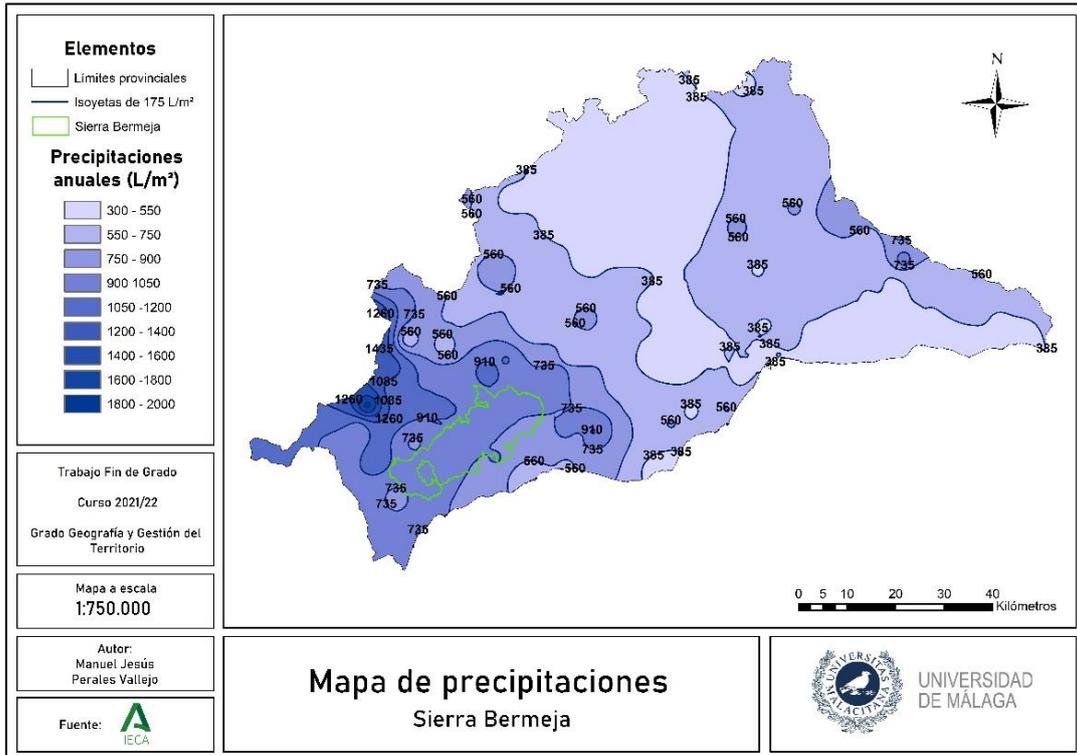
Fte. DERA (Elaboración propia).

Mapa 4. Pendientes de Sierra Bermeja.



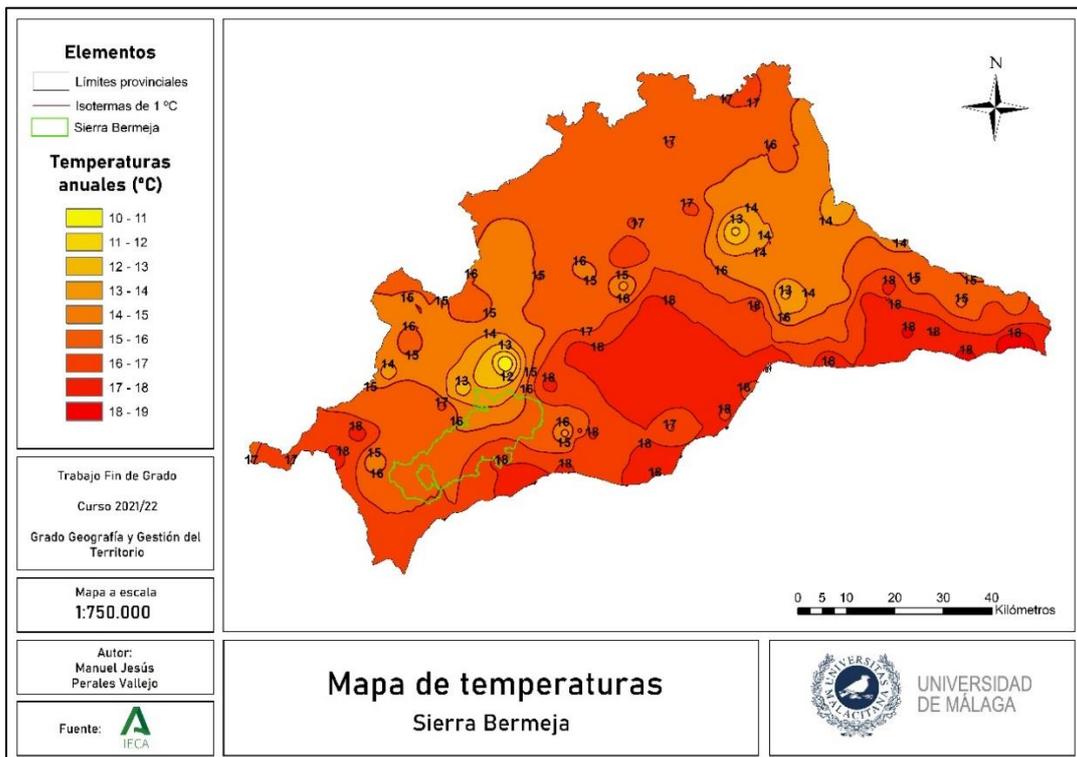
Fte. DERA (Elaboración).

Mapa 5. Precipitaciones en Sierra Bermeja.



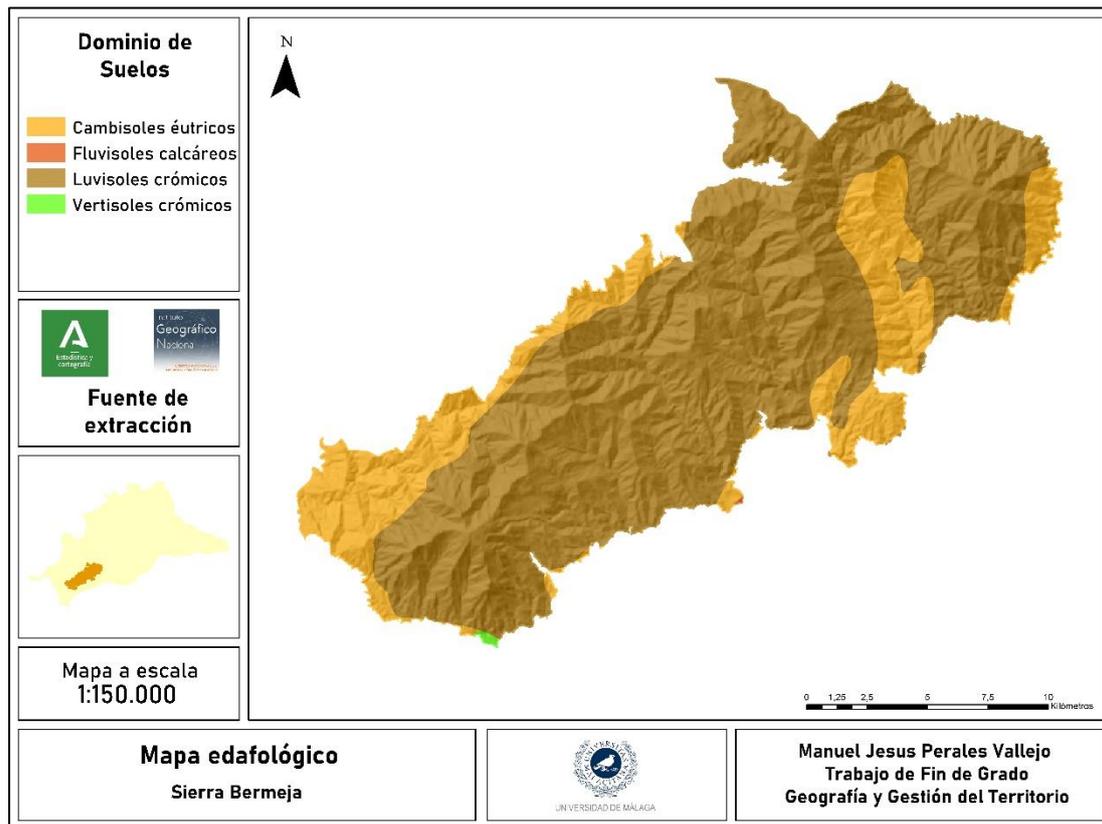
Fte. DERA (Elaboración propia).

Mapa 6. Temperaturas de Sierra Bermeja.



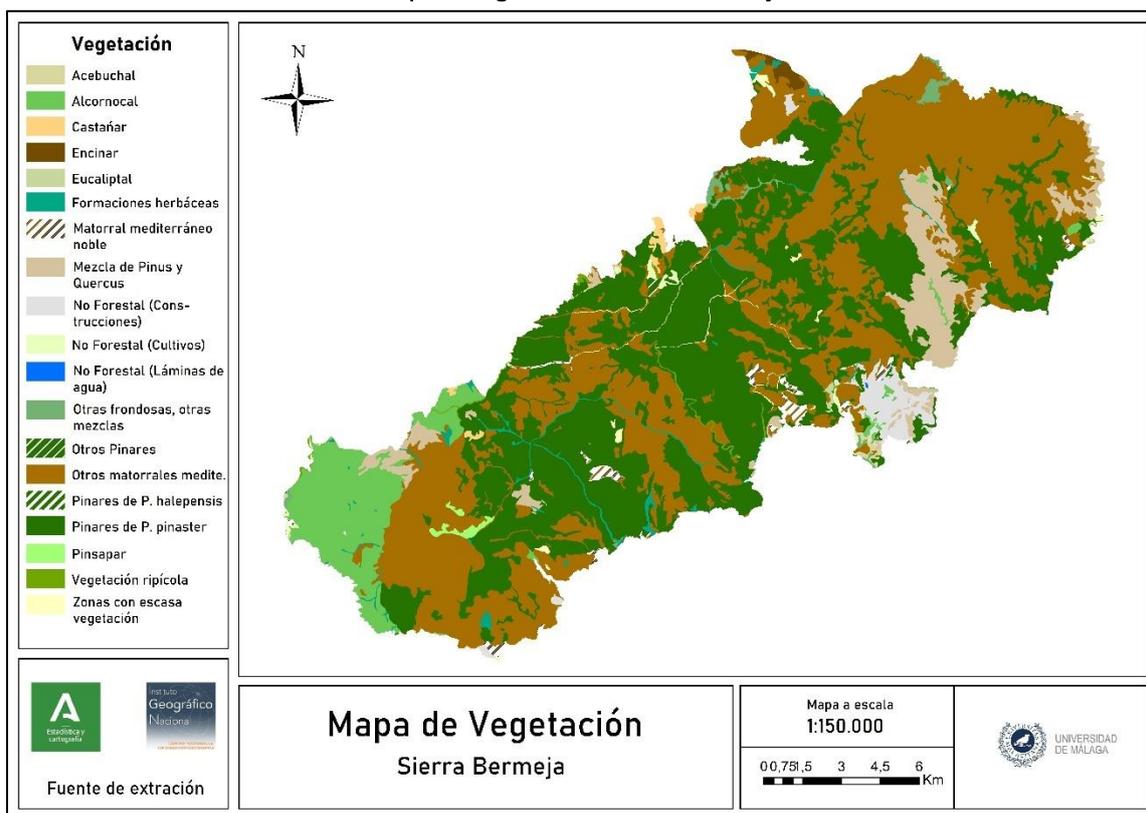
Fte. DERA (Elaboración propia).

Mapa 7. Suelos de Sierra Bermeja.



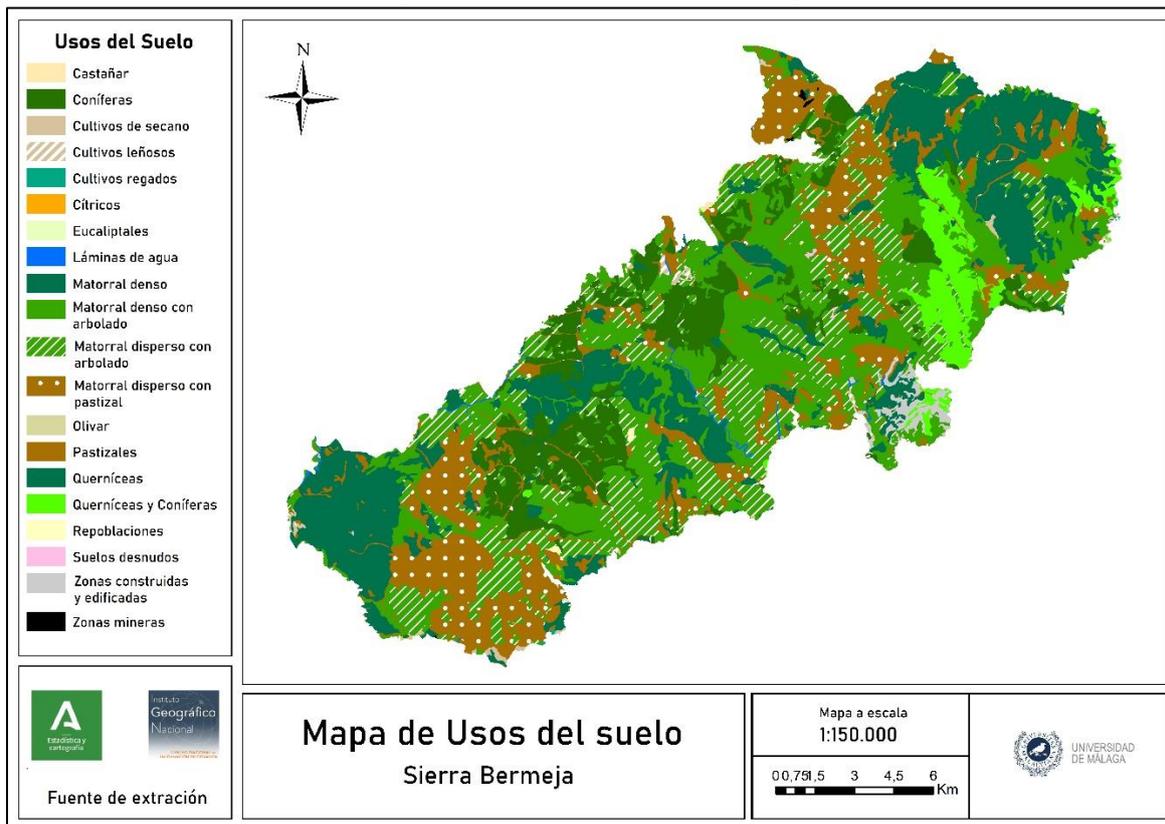
Fte. REDIAM (Elaboración propia).

Mapa 8. Vegetación de Sierra Bermeja.



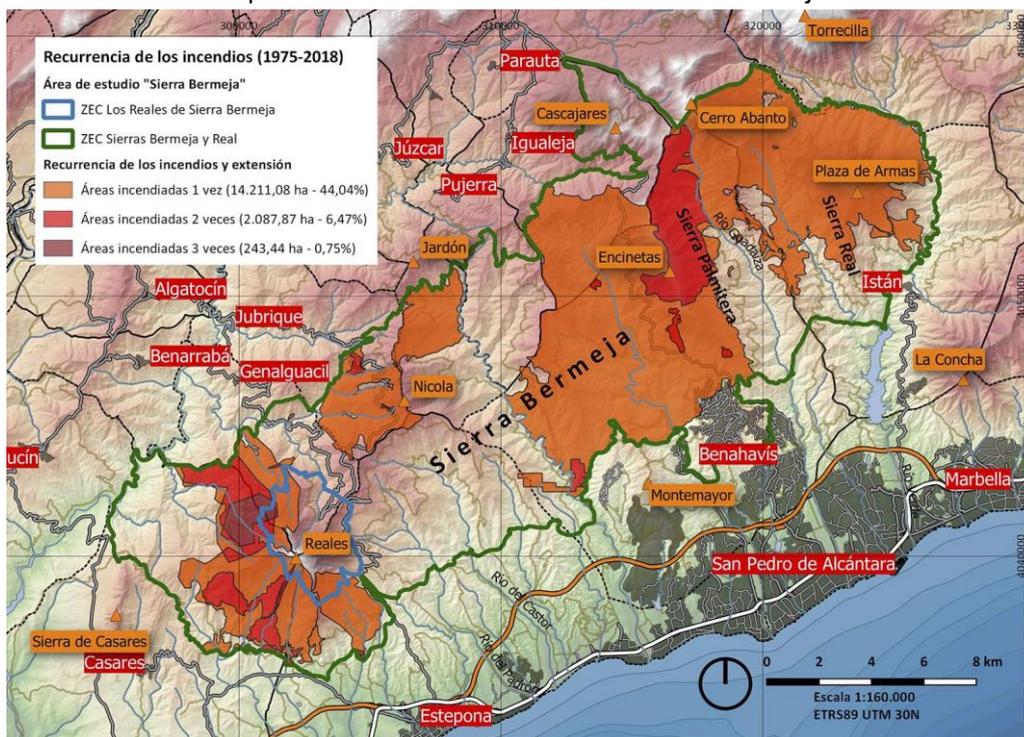
Fte. REDIAM, 2013 (Elaboración propia).

Mapa 9. Usos del Suelo de Sierra Bermeja.



Fte. REDIAM, 2016 (Elaboración propia).

Mapa 10. Recurrencia de los incendios en Sierra Bermeja.



Fte. Martos y Zotano, 2017.

9.3. ANEXO FOTOGRÁFICO.

Imagen 1. Pirocúmulo del GIF en Sierra Bermeja.



Fte. OSBO, 2021. <https://osbodigital.es/2021/09/14/incendio-en-sierra-bermeja-uno-de-los-mas-dificiles-que-se-recuerdan/>

Imagen 2. Ladera de Pinus pinaster completamente calcinado en el término de Estepona.



Fte. Autor.

Imagen 3. Forma de recuperación de los pinos negrales a través de la piñas



Fte. Latorre (2021).

Imagen 4. Pies de pino calcinado completamente.



Fte. Diario Sur (2021).

Imagen 5. Zonas de Castaño afectada y detrás el pico Porrejón con islas de Pinus Pinaster.



Fte. Latorre (2021).

Imagen 6. Recuperación de Quercus Suber en el Valle del Genal.



Fte. Autor.

Imagen 7. Crecimiento de *Quercus cocciferae* en áreas de Sierra Bermeja.



Fte. Felipe Román.

Imagen 8. Recuperación del palmito por la base de sus hojas.



Fte. Latorre (2021).

Imagen 9. Leve afección sobre la especie endémica *Ulex baeticus* subsp. *Baeticus*.



Fte. Latorre (2021).

Imagen 10. Faginas situadas en las laderas para evitar la erosión. Término Jubrique.



Fte. Autor.

Imagen 11. Resto de Pinus pinaster calcinados para evitar la caída sobre carreteras y creación de faginas.



Fte. Autor.

Imagen 12. Cabra montesa calcinada por el incendio forestal de Sierra Bermeja 2021.



Fte. Autor desconocido.

Imagen 13. Maquinaria afectada por el incendio forestal de Sierra Bermeja 2021.



Fte. Autor.